

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Análisis del espesor de la losa en la eficiencia de transferencia de
cargas de pavimentos rígidos**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Luis Miguel Durand Aliaga

Asesor:

Mg. Edwin Parillo Escarsena

Juliaca, junio de 2024

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Edwin Parillo Escarsena docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **"ANÁLISIS DEL ESPESOR DE LA LOSA EN LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS"** del autor **Luis Miguel Durand Aliaga** tiene un índice de similitud de 9% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca a los 19 días del mes de Junio del año 2024.



Mg. Edwin Parillo Escarsena

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 13 día(s) del mes de junio del año 2027 siendo las 15:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Ing Herson Duberly Pavi Cusi el (la) secretario(a): Ing Moises Araca Chilo y los demás miembros: Dr. Vester Alejandro Cruz Calapuja y el (la) asesor(a) Mg. Edwin Parillo Escamona con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:

Análisis del espesor de la losa en la eficiencia de transferencia de cargas de pavimentos rígidos

del(los) bachiller(es): a) Luis Miguel Durand Aliaga

b) _____

c) _____

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Civil

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Luis Miguel Durand Aliaga

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Buena</u>

Bachiller (b): _____

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller (c): _____

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior
Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
 Presidente/a
[Firma]
 Asesor(a)
[Firma]
 Bachiller (a)

[Firma]
 Miembro

 Bachiller (b)

[Firma]
 Secretaria

 Miembro

 Bachiller (c)

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la oportunidad de poder vivenciar un proyecto de investigación que mejoro mi conocimiento ampliamente.

A mi familia, en primer lugar, a mi madre Mary Janeth Aliaga Zapana, por su amor y apoyo incondicional. En segundo lugar, a mi hermano Carlos Daniel Ancajima Aliaga por su confianza y motivación.

A la Universidad Peruana Unión, por los conocimientos brindados en aula, aportando en la formación académica y profesional de mi persona. En especial al Mg. Edwin Parillo Escarsena, por su disposición, apoyo y orientación.

Luis Miguel Durand Aliaga

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	10
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
2.1. LTE.....	11
2.2. Estudios de suelos y diseño de la mezcla de concreto.....	12
2.3. Diseño de losas	18
2.4. Mediciones con viga benkelman.....	20
3. RESULTADOS	21
3.1. Deflexiones producidas en la losa por trabazon de agregados.....	21
3.2. LTE en losas por trabazon de agregados	28
3.3. Deflexiones producidas en la losa con pasadores dowels de ½”	29
3.4. LTE en losas con pasadores dowels ½”	35
4. DISCUSIÓN	36
4.1. Analisis de los resultados generales de la LTE en losas de espesores de 100 mm, 150 mm y 200 mm	41
5. CONCLUSIONES.....	42
6. RECOMENDACIONES	42
REFERENCIAS	45

Análisis del espesor de la losa en la eficiencia de transferencia de cargas de pavimentos rígidos

RESUMEN

La evaluación del rendimiento de juntas en pavimentos rígidos de diversas obras viales se puede realizar mediante la eficiencia de transferencia de cargas (LTE). En este estudio, se aplicó un único método de LTE utilizando parámetros de deflexión vertical. En nuestra Región los espesores se determinan de manera osada, para abordar esta problemática, se fabricaron y evaluaron seis losas de concreto hidráulico con dimensiones de 2400 x 4800 mm y espesores de 100, 150 y 200 mm. Tres losas se emplearon pasadores dowels de ½", mientras que las restantes por trabazón de agregados. Se evaluaron los efectos de estos dos tipos de juntas midiendo las deflexiones verticales con una carga estática de 8.2 TN en tres lugares diferentes: centro, lado derecho y lado izquierdo de la junta transversal de losa para obtener LTE. La metodología consistió en el diseño de pavimentos rígidos de $f'c$ 210 kg/cm², se utilizó el equipo viga benkelman para calcular las deflexiones verticales producidas por la carga estática. Los resultados revelaron una relación directa entre el espesor de la losa, destacando las diferencias significativas entre losas con trabazón de agregados y pasadores dowels de ½" donde su LTE en los dos tipos de juntas transversales alcanzaron un porcentaje promedio mayor al 95 % y 98%, la variación de porcentaje respecto a deflexiones producidas en los dos tipos de juntas transversales son: en espesores de 100 mm es de 9.58%, de 150 mm es de 11.08% y de 200 mm es de 33.11% la cual los pasadores dowels de ½" producen menos deflexiones en comparación por trabazón de agregados. En este caso la implicancia de los espesores de 100, 150 y 200 mm pueden utilizarse y funcionar según las características de diseño. este estudio subraya la importancia de considerar el espesor de las losas al diseñar pavimentos rígidos para optimizar su rendimiento y prolongar su vida útil.

Palabras clave: Espesor de la losa, Eficiencia de Transferencia de cargas, Pavimentos rígidos, Viga Benkelman

Analysis of slab thickness in the load transfer efficiency of rigid pavements

ABSTRACT

The evaluation of the performance of joints in rigid pavements of various road works can be carried out using load transfer efficiency (LTE). In this study, a single LTE method was applied using vertical deflection parameters. In our Region, thicknesses are determined in a bold manner. To address this problem, six hydraulic concrete slabs with dimensions of 2400 x 4800 mm and thicknesses of 100, 150 and 200 mm were manufactured and evaluated. Three slabs were used with ½" dowel pins, while the remaining ones were interlocked with aggregates. The effects of these two types of joints were evaluated by measuring the vertical deflections with a static load of 8.2 TN at three different locations: center, right side and left side of the slab transverse joint to obtain LTE. The methodology consisted of the design of rigid pavements of f'c 210 kg/cm², the Benkelman beam equipment was used to calculate the vertical deflections produced by the static load. The results revealed a direct relationship between the thickness of the slab, highlighting the significant differences between slabs with interlocking aggregates and ½" dowels where their LTE in the two types of transverse joints reached an average percentage greater than 95% and 98%, the variation The percentage of deflections produced in the two types of transverse joints are: in thicknesses of 100 mm it is 9.58%, in 150 mm it is 11.08% and in 200 mm it is 33.11%, which ½" dowel pins produce less. deflections in comparison due to interlocking of aggregates. In this case the implication of the thicknesses of 100, 150 and 200 mm can be used and function according to the design characteristics. This study highlights the importance of considering slab thickness when designing rigid pavements to optimize their performance and prolong their useful life.

Keywords: Slab thickness, Load transfer efficiency, Rigid pavements, Benkelman beam.

1. INTRODUCCIÓN

La utilización de los espesores en las losas de concreto muchas veces no se considera adecuadamente el diseño estructural y la LTE. En la práctica, es común observar que los espesores de las losas se determinan de manera osada o basada en criterios simplificados, sin un análisis detallado de las cargas a las que estarán sometidas ni de las condiciones específicas del proyecto, como lo menciona Brill y Guo (Brill & Guo, 2000). La transferencia de carga es un aspecto crítico en el diseño y construcción de losas de concreto hidráulico. Se refiere al proceso mediante el cual las cargas aplicadas a una losa son transmitidas eficientemente (Davids & Mahoney, 2022). mencionan que una transferencia de carga efectiva es esencial para garantizar la estabilidad y resistencia adecuadas de la losa, así como para prevenir la formación de grietas y otros problemas relacionados con la deflexión (Davids & Mahoney, 2022). La transferencia de carga puede ocurrir de diversas maneras, dependiendo de la configuración y el diseño específico de la losa (Parsons et al., 1997). Deep & Andersen afirman que es importante que el diseño de la losa considere cuidadosamente estos mecanismos de transferencia de carga para garantizar una distribución uniforme de las cargas y minimizar la posibilidad de fallas estructurales (Deep, Andersen, Rasmussen, et al., 2020). Además, durante la construcción, es fundamental prestar atención a la calidad de la ejecución para asegurar una transferencia de carga efectiva, mediante la correcta colocación y compactación de los componentes del pavimento, así como la instalación adecuada de las conexiones entre la losa y los elementos de soporte (Shoukry et al., 2001).

La eficiencia de la transferencia de carga en losas de pavimento es un aspecto crítico que influye significativamente en la integridad estructural y la longevidad de las superficies de rodadura. En el vasto y complejo mundo de la ingeniería de pavimentos, la transferencia de carga juega un papel esencial al garantizar la distribución adecuada de las cargas vehiculares a lo largo de las losas, mitigando así el desgaste prematuro y las deflexiones que podrían comprometer la calidad y la durabilidad de las obras viales (Shoukry et al., 2001). La transferencia de carga se refiere a la capacidad de una losa para transmitir las cargas aplicadas, como las generadas por vehículos en movimiento, a las losas adyacentes. Un sistema eficiente de transferencia de carga minimiza la carga en cada losa individual, reduciendo así el riesgo de fisuras, grietas y otros problemas que podrían afectar negativamente la calidad del pavimento. En este artículo,

exploraremos en detalle la importancia de la LTE, analizando sus implicaciones en el diseño, la construcción y el mantenimiento de pavimentos [(Davids & Mahoney, 2022).

Tenemos como antecedentes las siguientes investigaciones: Sargand et al. (2014) llevaron a cabo un estudio en Ohio, EE.UU., con el objetivo de evaluar el rendimiento de 17 pavimentos rígidos de hormigón de cemento Portland (PCC) utilizando el medidor de deflexión de choque (FWD) a lo largo de 58 km. (Davids, 2000). Silva et al. (2021) se centraron en observar las juntas en pavimentos de hormigón y destacaron la importancia de los pasadores para evitar pérdidas de transferencia de carga. Utilizaron modelos numéricos para estudiar los efectos de desalineaciones en la posición de pasadores y concluyeron que incluso con desalineaciones severas, el uso de una base aglomerada puede reducir tensiones (Parsons et al., 1997). Bronuela-Ambrocio et al. (2022) analizaron el desempeño de juntas en pavimentos rígidos de aeropuertos mediante la eficiencia de transferencia de carga (LTE), proponiendo el uso del historial de HWD para calcular LTE. Su método mostró baja varianza y error en comparación con cálculos convencionales, y las muestras de núcleo recolectadas validaron la condición interna de las juntas (Rollings, 2021). Deep et al. (2020) se enfocaron en la medición de la eficiencia de transferencia de carga (LTE) en pavimentos rígidos utilizando cargas en movimiento. Demostraron que esta metodología podría ser más rápida y productiva, utilizando mediciones simuladas con un deflectómetro de peso rodante (RWD)(Davids, 2001a. Sadeghi & Hesami (2018) utilizaron el método tridimensional de elementos finitos (3D-FEM) para analizar la respuesta estructural de pavimentos de concreto articulado bajo condiciones de movimiento, evaluando múltiples parámetros. Concluyeron que el 3D-FEM es una herramienta eficaz para estudiar los efectos en la eficiencia de transferencia de carga (LTE) (Shoukry et al., 2001). Kearsley (2019) se centró en el análisis de pavimentos de hormigón reforzado continuo ultrafino (UTCRC) con una capa de hormigón reforzado con fibra de acero delgada. Investigaron el efecto del aumento del espesor de la capa y la incorporación de capas base estabilizadas con cemento, utilizando modelos de elementos finitos (Kamil & Al-Jameel, 2023). Zhang & Gao (2016) estudiaron las tensiones en losas cortas bajo solicitaciones de pisos industriales mediante modelación de elementos finitos, proporcionando recomendaciones de diseño. Destacaron que las losas cortas pueden ser una opción atractiva para ciertos pisos industriales, pero no en todos los escenarios (Ghanim et al., 2023). Pospelov et al. (2021) analizaron el diseño de pavimentos en ambientes de permafrost, proponiendo pavimentos rígidos con revestimiento de hormigón y cimentación asegurada con material aglomerante como una opción

prometedora (Pospelov et al., 2021). Bayraktarova et al. (2022) estudiaron el comportamiento del pavimento bajo cargas dinámicas de las ruedas, enfocándose en la fatiga y la vida útil de pavimentos rígidos. Utilizaron un método empírico mecanicista para pavimentos rígidos y encontraron una correlación significativa entre el perfil longitudinal ponderado y la vida útil teórica (Al-Humeidawi & Mandal, 2022). Maitra, Sudhakar, & Ramachandra (2019) realizaron un análisis tridimensional de pavimentos rígidos con el método de elementos finitos para evaluar la eficiencia de transferencia de carga (LTE) en juntas interconectadas. Concluyeron que diversos parámetros, como el ancho de grieta y la rugosidad de la superficie agrietada, influyen significativamente en el LTE (Chaparro & Pradena, 2019). Por su parte, los pavimentos rígidos siempre han sido un elemento esencial de la infraestructura vial, proporcionando una base estable y duradera para soportar el tráfico vehicular. Sin embargo, la efectividad de estos pavimentos está intrínsecamente relacionada con la capacidad del pavimento para transferir cargas de manera efectiva y soportar las cargas generadas por la operación de los vehículos (Deep, Andersen, Rasmussen, et al., 2020). A lo largo de estas páginas, abordaremos los métodos y dispositivos utilizados para evaluar y mejorar la eficiencia de la transferencia de carga en losas, considerando tanto las condiciones de diseño como las situaciones prácticas en el entorno vial. Exploraremos estudios de caso, investigaciones recientes y avances tecnológicos que están dando forma al futuro de la ingeniería de pavimentos, con el objetivo de proporcionar una visión integral de la importancia y las implicaciones de lograr una eficiencia transferencia de carga óptima en los sistemas de carreteras y calles (Smit & Kearsley, 2021).

Este estudio tuvo como objetivo principal analizar la influencia del espesor de la losa en la eficiencia de transferencia de cargas de pavimentos rígidos. Para lograr esto, se plantearon objetivos específicos que incluyeron la construcción de seis losas experimentales con tres tipos de espesores que son 100, 150 y 200 mm, con la implementación de dos tipos de juntas transversales las cuales son: pasadores dowels de ½" y por trabazón de agregados, por el cual analizaremos la LTE en relación con el espesor de la losa y el tipo de junta, y también la determinación de la deflexión vertical sometida a carga estática de 8.2 Tn entre losas adyacentes de pavimento rígido (Sadeghi & Hesami, 2018).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Según (Hernández Sampieri et al., 2014). la presente investigación es de tipo aplicativo, en donde el propósito de la investigación es obtener nuevos conocimientos con el objetivo de resolver problemas prácticos, el diseño de investigación es cuasiexperimental que consiste en probar una hipótesis causal manipulando (al menos) una variable independiente. Puede que las unidades de estudio se asignaran aleatoriamente a grupos. El nivel de investigación es aplicativo porque implica la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos en la investigación para resolver problemas concretos o generar innovaciones en diversos campos. Por tanto, miden y evalúan diferentes aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno en estudio (Sargand et al., 2014). Se utilizan ecuaciones matemáticas y modelos teóricos para calcular el espesor de la losa en función de factores como el porcentaje de eficiencia de LTE y las condiciones del suelo. Este método proporciona una base sólida para el diseño, pero requiere datos precisos y actualizados sobre las propiedades del suelo y la carga de tráfico (Silva et al., 2021).

2.1. LTE

Constituye un indicador esencial para evaluar el modo en que se realiza la transferencia de carga en pavimentos rígidos en diversas obras viales. Lea & Cho utilizaron el término LTE para cuantificar la eficacia con la cual la carga aplicada sobre una losa de pavimento se transmite y distribuye en la estructura, siendo crucial para entender el rendimiento y la resistencia de dichos pavimentos (Bronuela-Ambrocio et al., 2023). Smit & Kearsley mencionan que la LTE incide en la capacidad estructural del pavimento, ya que una mayor cantidad de carga transferida a la losa descargada resulta en una menor tensión de flexión experimentada por la losa cargada, prolongando así la vida útil del pavimento (Eisa et al., 2024). El valor de la LTE varía según varios factores, como temperatura, edad, contenido de humedad, calidad de construcción, magnitud y repetición de la carga, así como el tipo de junta. Se mide en una escala de cero a 100, donde cero indica ninguna transferencia y 100 denota una transferencia de carga perfecta (Brill & Guo, 2000). La LTE se calcula utilizando diferentes métodos, como LTE(w) basado en la deflexión y LTE(S) basado en el estrés, con diversas recomendaciones y ajustes propuestos por expertos para mejorar la precisión de la evaluación de la junta (Davids, 2001). Para poder hallar el porcentaje de LTE se utilizaremos la siguiente fórmula:

$$E(\%) = \frac{2\Delta_{d'}}{\Delta_d + \Delta_{d'}} * 100$$

Δ_d : Es la deflexión de la losa cargada.

$\Delta_{d'}$: Es la deflexión en la losa sin carga.

E(%): Es la eficiencia en la transferencia de cargas

2.2. Estudio de suelos y diseño de la mezcla del concreto

En el estudio de suelos y diseño de la mezcla de concreto en pavimentos rígidos, conforme a la normativa peruana CE.010 pavimentos urbanos y el manual de carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018.), se llevan a cabo una serie de ensayos tanto en laboratorio como in situ para garantizar la calidad del pavimento. La normativa establece parámetros específicos para estos ensayos, los cuales son fundamentales para el correcto diseño y construcción de los pavimentos. En el estudio de suelos, se han definido diversas capas para el componente de nuestro pavimento rígido, tal como se detalla en la tabla N° 1. Cada una de estas capas ha sido sometida a ensayos pertinentes, cuyos resultados han demostrado cumplir con los requisitos establecidos por la normativa peruana en términos de sus características, llegando a ser óptimos los resultados (*CE.010 Pavimentos Urbanos DS N° 010-2010 - Plataforma Del Estado Peruano*, 2014.). Es importante destacar que estos ensayos son esenciales para determinar propiedades como la resistencia, la compactación, la granulometría, CBR y otras características relevantes de los materiales empleados en la construcción del pavimento. De esta manera, se garantiza la durabilidad, seguridad y calidad del pavimento a las condiciones de tráfico vehicular y aspectos ambientales a las que estará expuesto durante su vida útil. Además, el cumplimiento con la normativa y estándares establecidos por el Ministerio de transportes y Comunicaciones (MTC) asegura la calidad de las obras viales y contribuye a la seguridad vial y al óptimo funcionamiento de la infraestructura de transporte en el país (*Ministerio de Transportes y Comunicaciones*, 2018).

Tabla 1*Estudio de mecánica de suelos - componentes del pavimento*

COMPONENTES DEL PAVIMENTO	ESPESOR (MM)	ENSAYOS REALIZADOS
Suelo de Fundación	TF	Contenido de Humedad 9.10% Clasificación SUCS: GW Clasificación AASHTO: A-1-a(1) Límite líquido: NP Límite plástico: NP Índice plástico: NP Proctor modificado Max. Densidad seca: 2.00 gr/cm ³ Contn. Humedad óptima: 4.18% CBR. Al 95% M.D.S.: 23.3%
Subrasante	1200	Características similares del suelo de fundación mezcladas con pedraplén de 1 a 8 pulgadas de diámetro, compactadas en tres capas de 400 mm.
Subbase	200	Laboratorio: Mezcla: material ligante 70% + hormigón 30%. Contenido de Humedad: 8.10% Clasificación SUCS: GW Clasificación AASHTO: A-1-a(0) Límite líquido: 24.97% Límite plástico: 21.16% Índice plástico: 3.80% Proctor modificado

	Max. Densidad seca: 2.29 gr/cm ³	
	Conten. Humedad óptima: 6.82%	
	CBR. Al 95% M.D.S.: 49.3%	
	Densidad de Campo:	
	Muestra 1 al 98.5%	
	Muestra 2 al 99.9%	
	Muestra 3 al 100.1 %	
	Muestra 4 al 99.7%	
	Muestra 5 al 100.3%	
<hr/>		
Diseño de mezcla de la	100	Norma:
carpeta de Concreto	150	ACI 211.1.74
hidráulico	200	ACI 211.1.81
		Dosificación por peso:
		Cemento: 42.50 Kg
		Agregado fino húmedo: 83.38 Kg
		Agregado grueso húmedo: 115.10 Kg
		Agua efectiva: 18.37 Kg

2.3. Diseño de losas

Según el método de diseño de pavimentos rígidos de la (Portland Cement Association, 2019), el espesor mínimo recomendado es de 100 mm, equivalente a 4 pulgadas. En nuestra investigación, hemos establecido espesores de 100, 150 y 200 mm para estudiar las losas en términos de su eficiencia en relación con sus deformaciones o deflexiones. Este enfoque busca mejorar nuestros proyectos de inversión y contribuir al desarrollo de nuestra región y país mediante la construcción de pavimentos óptimos con una vida útil prolongada.

El diseño de pavimento rígido se ve influenciado por una variedad de factores, como el proceso constructivo, la temperatura, la resistencia del concreto, los parámetros del suelo, el drenaje del pavimento, serviciabilidad, entre otros. Según el manual de

carreteras del Perú (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018.), el cálculo de espesores está directamente relacionado con el coeficiente de transferencia de carga "J" y el tráfico vehicular, que representa la carga en el pavimento.

Para nuestro diseño, se consideró un tráfico patrón de 3,500,000 Ejes Equivalentes. Al fijar el tipo de tráfico "Tp7" y considerar espesores de 100, 150 y 200 mm, se obtuvieron coeficientes de transferencia de carga "J" de 1.2, 1.9 y 2.8 respectivamente. Esto demuestra que el coeficiente "J" es directamente proporcional al espesor del pavimento rígido. Los valores del coeficiente "J" dependen del tipo de pavimento a construir, lo que significa que un menor valor de "J" se relaciona con un menor espesor de pavimento.

Con respecto a la eficiencia de transferencia de carga (LTE) en losas de concreto hidráulico viene a ser un parámetro indirectamente relacionado con la transferencia de carga "J" es decir si se quiere obtener más eficiencia se tendría que considerar en el diseño mayor coeficiente "J", lo mismo sucede al contrario a menor factor "J" menor eficiencia de transferencia de carga.

La población seleccionada para el diseño de Pavimentos Rígidos de la presente investigación se encuentra ubicada en el distrito de Cabanillas, Provincia de San Román, Departamento de Puno, Perú. La muestra consiste en seis losas de concreto hidráulico, distribuidas de la siguiente manera: tres losas con juntas transversales por trabazón de agregados y tres losas con pasadores dowels de $\frac{1}{2}$ ". Las dimensiones de las losas de concreto hidráulico son las siguientes: tres de ellas tienen dimensiones de 2400 x 4800 x 200 mm, 2400 x 4800 x 150 mm, y 2400 x 4800 x 100 mm, respectivamente. Estas tres losas presentan juntas transversales por trabazón de agregados. Por otro lado, las otras tres losas también tienen las mismas dimensiones y espesores que las anteriores, pero cuentan con pasadores dowels de $\frac{1}{2}$ ". Según el diseño de pavimentos rígidos por el método de la (Portland Cement Association, 2019) nos recomienda el empleo de acero liso de $\frac{1}{2}$ " (12.7 mm) para espesores de 100 mm, la cual utilizamos en nuestro proyecto y adoptaremos este diámetro de acero liso de $\frac{1}{2}$ " en los espesores de 150 y 200 mm de losa. Por lo tanto, este diámetro de acero liso de $\frac{1}{2}$ " aportara mejoras en aspectos económicos en la inversión de proyectos viales de nuestra región. Para garantizar la conformidad con el manual de carreteras del Perú (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018.), los paños por trabazón de agregados fueron cortados con un disco de 3 mm y a una profundidad de $\frac{1}{3}$ del espesor de la losa según lo estipulado en el manual de carreteras de Perú (MTC), dividiéndolos

en secciones de 2400 mm. En cuanto a los paños con pasadores dowels, se introdujeron varillas lisas de 1/2" con dimensiones de 600 mm, estas varillas cuentan con un apoyo móvil de 300 mm, el cual será recubierto con grasa y cubierto con tubo PVC de 1/2" y el restante de longitud actuará como apoyo fijo (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018). Estas varillas se colocarán a una distancia de 300 mm transversalmente recomendada por el método de diseño (Portland Cement Association, 2019), como se detalla en la Figura N.º 1 del proyecto [25]. Este diseño y disposición de las losas, así como la implementación de juntas transversales tanto por trabazón de agregados y pasadores dowels de 1/2", se realizan siguiendo parámetros y estándares establecidos según la norma CE.010 pavimento urbanos y el manual de carreteras del Perú (MTC) (CE.010 Pavimentos Urbanos, 2022) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018.). para garantizar la durabilidad, resistencia y correcto funcionamiento del pavimento rígido en las condiciones específicas de la zona de estudio como se muestra en la Figura N.º 1.

Figura 1

Vista frontal de la conformación de pavimento tanto de la losa por trabazón de agregados y losa con pasadores Dowels de 1/2"

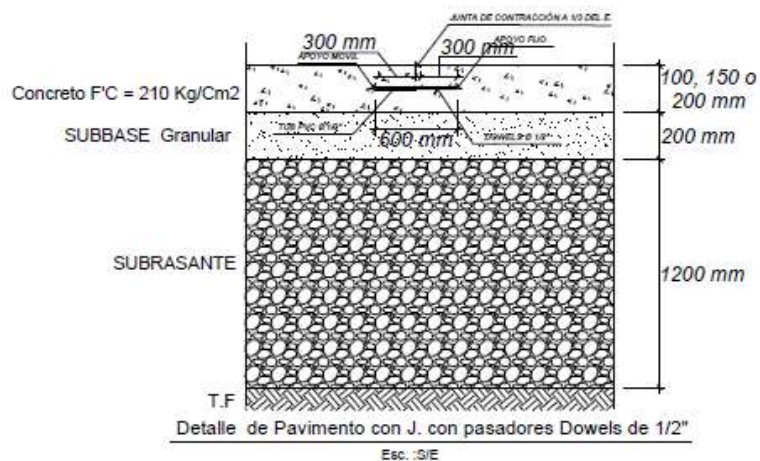
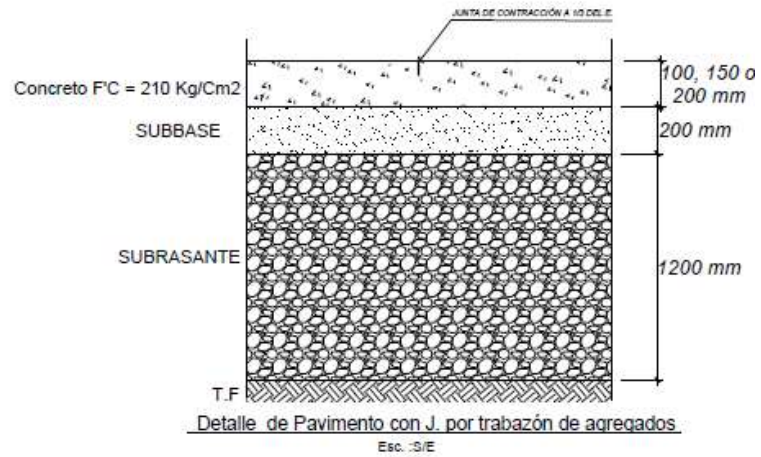
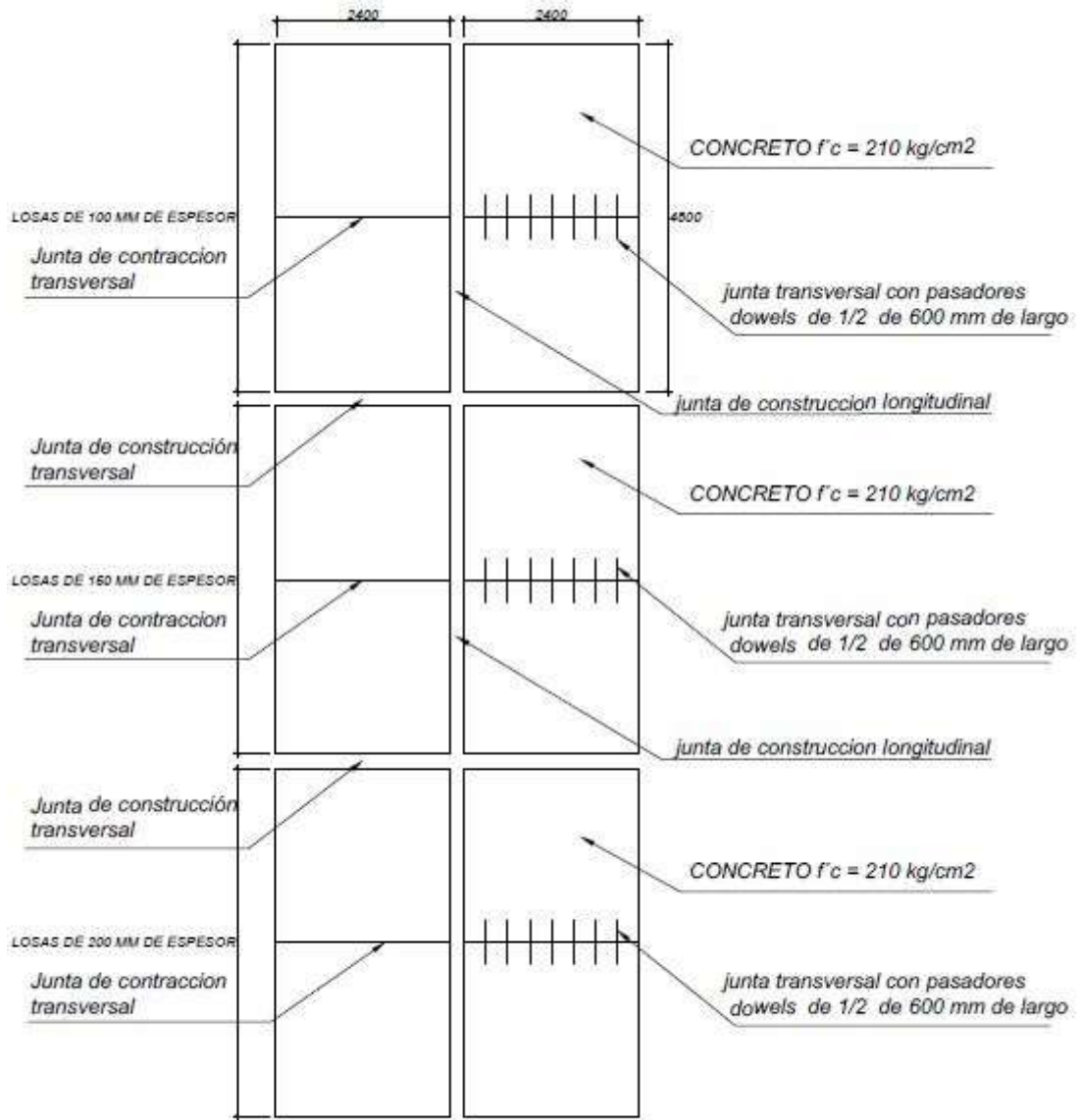


Figura 2

Vista en planta de las losas diseñadas y la ubicación de las juntas transversales por trabazón de agregados y con pasadores dowels de ½”





Detalle de Pavimento
Cic. 06

El concreto es un componente importante del pavimento rígido y deben seleccionarse en base a las normas técnicas. se utiliza ampliamente en nuestra zona debido a su resistencia y durabilidad, donde la resistencia del concreto a utilizar en nuestro proyecto es de f'_c es 210 Kg/m² (CE.010 Pavimentos Urbanos, 2022). Se realizó la construcción de las losas de concreto hidráulico, que nos servirá para la recopilación de datos, proceso que se muestra en la Figura N.º 3 y N.º 4.

Figura 3

Conformación y compactación de la subbase de 200 mm.



Figura 4

Construcción de las losas concreto hidráulico y la colocación de pasadores Dowels de 1/2".



2.4. Mediciones viga benkelman

La viga Benkelman es un dispositivo utilizado para medir la deflexión vertical de un pavimento, tal como lo mencionan en las normas de ASTM D 4695-03 (ASTM D4695-03, 2020). Se utiliza comúnmente en ingeniería de carreteras para evaluar la capacidad

estructural de un pavimento. El procedimiento que se realizó fue colocar la viga Benkelman en una posición perpendicular al eje de la carretera. La viga Benkelman consta de dos brazos: uno largo y otro corto, el brazo corto se coloca en el centro del lado cargado de la losa, y el brazo largo en la losa adyacente descargada (Davids, 2001). Antes de aplicar la carga, mide la posición inicial de la viga Benkelman con respecto a las referencias en la carretera. Esto puede lograrse con un vehículo de carga conocido como "camión de carga", tal como se muestra en el esquema de la Figura N.º 4 (Bryden & Phillips, 2019). Luego se procede a medir la deflexión vertical del pavimento bajo la carga aplicada. La viga Benkelman está equipada con dispositivos de medición que registran las deflexiones tanto en la losa cargada y la losa adyacente descargada (Brill & Guo, 2000a). Se realizaron varias mediciones y en tres puntos en específico como es el centro, lado derecho y lado izquierdo de la junta transversal como se puede observar en la Figura N.º 6. Por último, los datos recopilados se utilizan para evaluar la capacidad estructural del pavimento y para realizar análisis de ingeniería vial. La carga aplicada fue pesada previamente por una balanza electrónica, una carga constante de 8.2 Tn el cual se verifico el volquete con el peso del material cargado (Hormigón) como se detalla en la Figura N.º 5, en cumplimiento de las normas vigentes (ASTM D4695-03, 2020).

Figura 5

Construcción de las losas concreto hidráulico y la colocación de pasadores Dowels de ½".

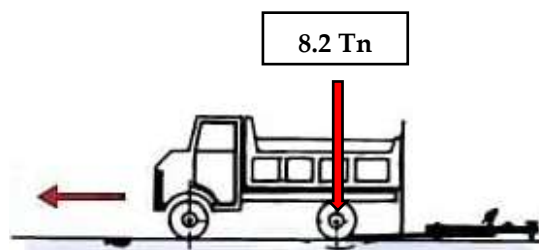


Figura 6

Medición en campo *In situ* de deflexiones con el equipo Viga Benkelman.



3. RESULTADOS

3.1. Deflexiones producidas en la losa por trabazón de agregados

Las deflexiones en losas por trabazón de agregados que se evalúan en el centro, lado derecho (LD) y Lado izquierdo (LI) con una carga estática de 8.2 Tn se obtuvo los siguientes datos según la tabla N.º 2, las deflexiones producidas son mínimas. La trabajabilidad de las juntas transversales por trabazón de agregados depende de varios factores, como son las propiedades de los materiales, la carga aplicada, las dimensiones de la losa y la zona de la losa en la que fue aplicada la carga, en el que podemos demostrar que la menor deflexión producida al aplicar la carga está en la parte del centro que a comparación al lado izquierdo y derecho, Los espesores evaluados indican que a mayor espesor de la losa menores deflexiones producidas. Por lo tanto, el espesor de 200 mm su deflexión es menor que a comparación con las deflexiones de los espesores de 150 y 100 mm ya que esos valores pueden variar según el diseño, tipo de suelo y las cargas aplicadas.

Tabla 2

Deflexiones producidas por una carga estática de 8.2 TN en las Losas por trabazón de agregados

LOSAS CON TRABAZON DE AGREGADOS				
LOSA (mm)		DEFLEXIONES		
		LD (mm)	CENTRO (mm)	LI (mm)
100	CC	0.0135	0.0078	0.0120
	SC	0.0125	0.0071	0.0110
	CC	0.0077	0.0045	0.0065
	SC	0.0065	0.0042	0.0061
	CC	0.0150	0.0061	0.0130
	SC	0.0135	0.0058	0.0110
	CC	0.0110	0.0047	0.0080
	SC	0.0099	0.0043	0.0076
	CC	0.0115	0.0089	0.0129
	SC	0.0108	0.0085	0.0121
	CC	0.0051	0.0040	0.0069
	SC	0.0050	0.0036	0.0068
	CC	0.0071	0.0033	0.0092
	SC	0.0065	0.0031	0.0089
	CC	0.0093	0.0059	0.0131
	SC	0.0088	0.0053	0.0115
	CC	0.0105	0.0085	0.0130
	SC	0.0104	0.0071	0.0120
	CC	0.0115	0.0052	0.0125
	SC	0.0098	0.0045	0.0105
150	CC	0.0055	0.0039	0.0061
	SC	0.0049	0.0035	0.0059
	CC	0.0110	0.0051	0.0098
	SC	0.0105	0.0049	0.0095
	CC	0.0058	0.0040	0.0071
	SC	0.0053	0.0040	0.0060

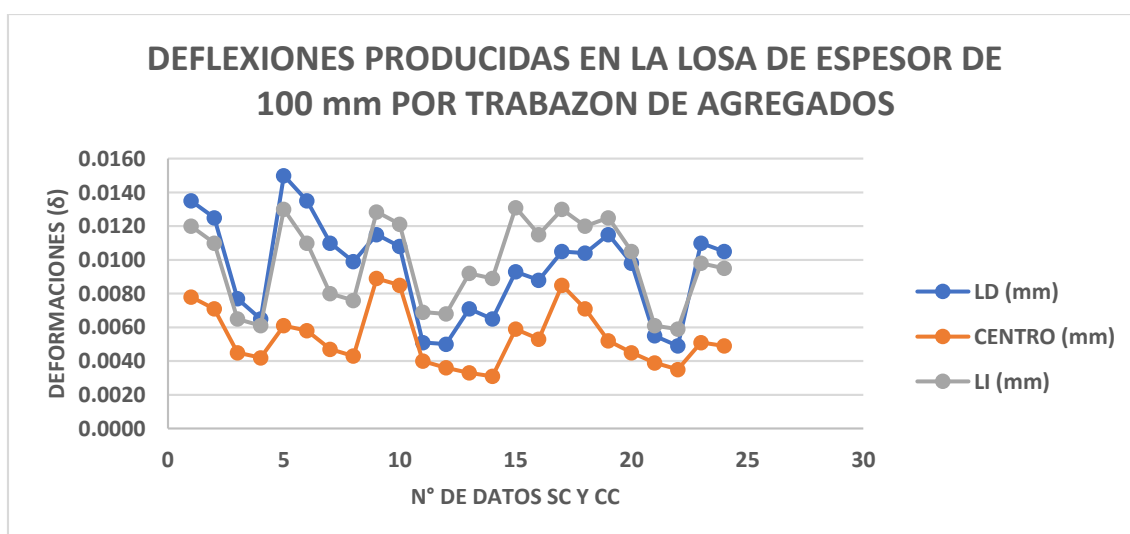
	CC	0.0040	0.0029	0.0059
	SC	0.0035	0.0025	0.0052
	CC	0.0038	0.0025	0.0040
	SC	0.0036	0.0023	0.0039
	CC	0.0074	0.0036	0.0085
	SC	0.0072	0.0031	0.0081
	CC	0.0085	0.0048	0.0095
	SC	0.0075	0.0047	0.0083
	CC	0.0045	0.0034	0.0055
	SC	0.0039	0.0032	0.0053
	CC	0.0041	0.0021	0.0041
	SC	0.0038	0.0019	0.0040
	CC	0.0068	0.0031	0.0061
	SC	0.0063	0.0024	0.0060
	CC	0.0089	0.0040	0.0100
	SC	0.0078	0.0035	0.0087
	CC	0.0058	0.0025	0.0069
	SC	0.0055	0.0021	0.0065
	CC	0.0060	0.0031	0.0062
	SC	0.0058	0.0030	0.0060
	CC	0.0056	0.0020	0.0059
	SC	0.0053	0.0019	0.0056
200	CC	0.0031	0.0014	0.0038
	SC	0.0030	0.0013	0.0034
	CC	0.0400	0.0015	0.0043
	SC	0.0370	0.0015	0.0041
	CC	0.0035	0.0012	0.0031
	SC	0.0033	0.0012	0.0030
	CC	0.0048	0.0019	0.0051
	SC	0.0043	0.0018	0.0048
	CC	0.0040	0.0012	0.0054
	SC	0.0039	0.0012	0.0051
	CC	0.0018	0.0012	0.0020
	SC	0.0017	0.0011	0.0019
	CC	0.0024	0.0011	0.0021

SC	0.0021	0.0010	0.0019
CC	0.0031	0.0011	0.0031
SC	0.0029	0.0011	0.0030
CC	0.0049	0.0024	0.0043
SC	0.0040	0.0021	0.0042
CC	0.0045	0.0014	0.0040
SC	0.0040	0.0014	0.0034
CC	0.0059	0.0013	0.0045
SC	0.0058	0.0012	0.0044
CC	0.0031	0.0013	0.0029
SC	0.0029	0.0013	0.0028

Como se aprecia en la Figura N.º 7, que ilustra en el diagrama de dispersión las deflexiones producidas en una losa de espesor de 100 mm con juntas transversales por trabazón de agregados. En particular, se observa que las deflexiones varían de forma similar en el lado derecho (LD) y lado izquierdo mientras que del centro muestra valores generalmente bajos.

Figura 7

Deflexiones producidas en la losa de espesor de 100 mm por trabazón de agregados.

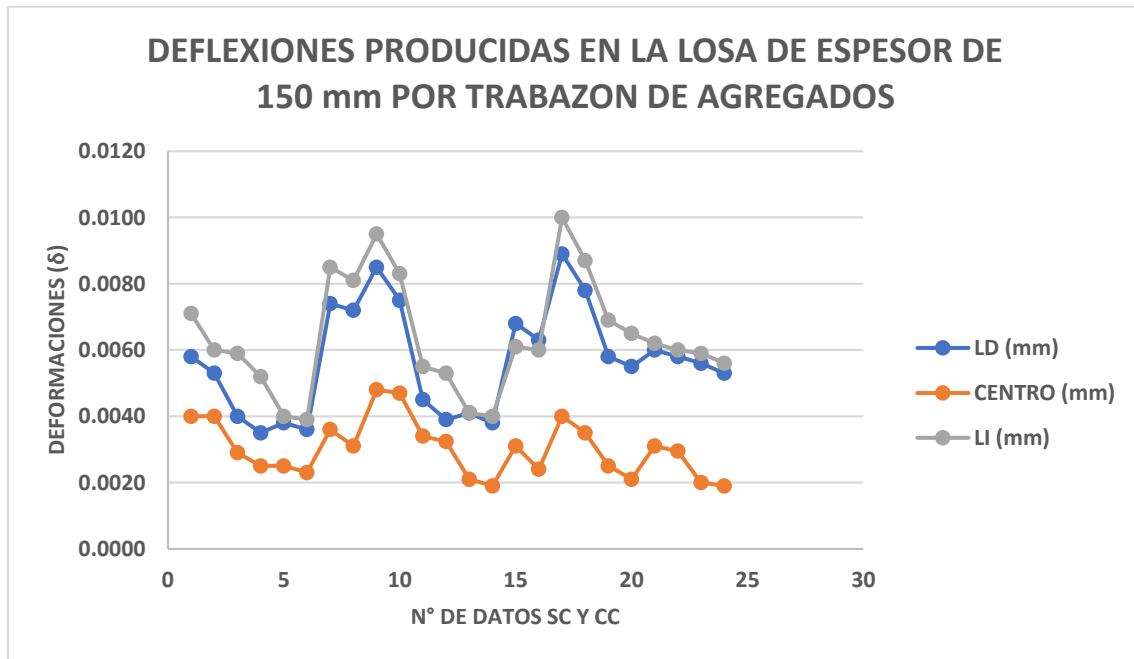


En la Figura N.º 8 se aprecia claramente, a través del gráfico de dispersión, que las deflexiones generadas por la carga estática exhiben una distribución uniforme y una

tendencia discernible. Por lo que a comparación con el diagrama anterior las tendencias de resultados son similares, pero en este caso la variación de deflexión tiene una tendencia de disminución por el tipo de espesor empleado 150 mm.

Figura 8

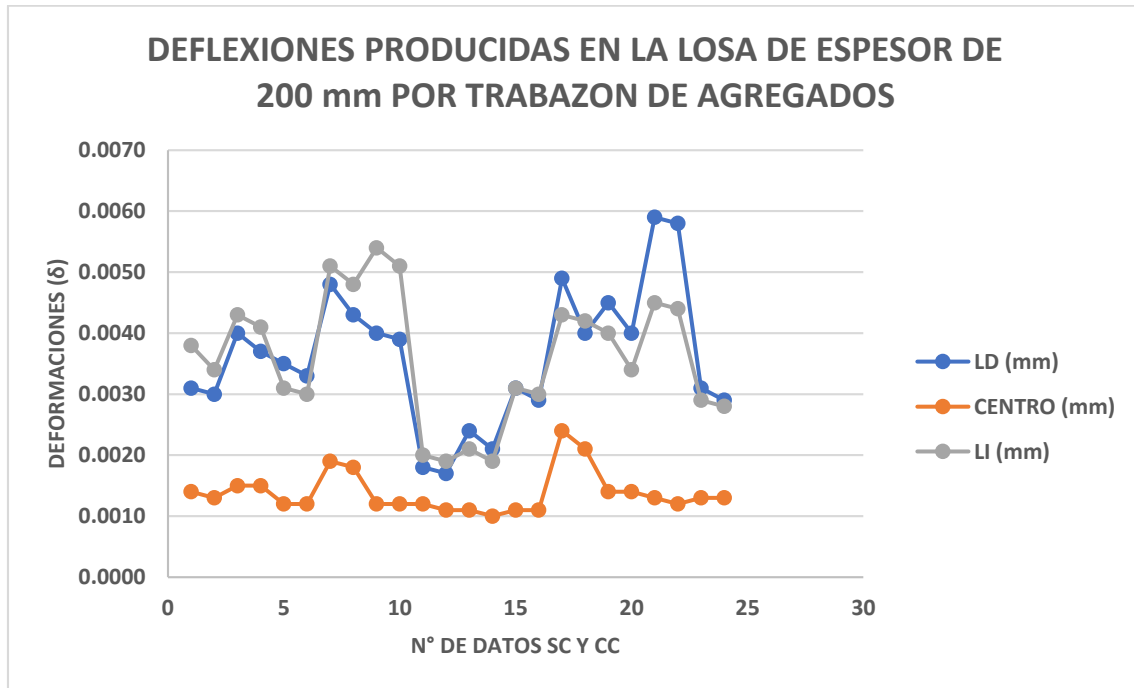
Deflexiones producidas en la losa de espesor de 150 mm por trabazón de agregados.



En la Figura N° 9, se muestra las deflexiones en la losa de espesor de 200 mm por trabazón de agregados, se observa una variación significativa con los demás espesores reduciendo ampliamente las deflexiones. Con ello cotejamos que la teoría en la aplicación de la normativa peruana evidencia que a mayor espesor las deflexiones son mínimas, por lo tanto, según los diagramas muestran resultados coherentes.

Figura 9

Deflexiones producidas en la losa de espesor de 200 mm por trabazón de agregados



3.2. LTE en losas con trabazón de Agregados

Los porcentajes de deflexión en las losas, cuando se aplica carga estática de 8,2 Tn en las zonas evaluadas como es el lado derecho (LD), centro y lado izquierdo (LI), son indicadores cruciales para comprender el comportamiento estructural de dichas losas. En el contexto las losas por trabazón de agregados de 100, 150 y 200 mm, se ha observado considerablemente que la deflexión es menor en la región central en comparación con los lados derecho e izquierdo, como se muestran en las figuras N.º 10 para losa con 100 mm de espesor la LTE promedio en el centro es de 95.44%, en el lado izquierdo 96.15 % y en el lado derecho 95.75%, en la figura N.º 11 para losa con 150 mm de espesor la LTE promedio en el centro es de 94.95 %, en el lado izquierdo 96.40 % y en el lado derecho 95.84 % y en la figura N.º 12 para 200 mm de espesor la LTE promedio en el centro es de 97.82%, en el lado izquierdo 96.93 % y en el lado derecho 95.98 %. Podemos ver el tipo de juntas transversal por trabazón de agregados es capaz de transferir al menos el 95% de la carga vehicular de una losa a otra lo cual demuestra que la mayoría de la carga se está transfiriendo de manera efectiva lo que ayuda a minimizar el desgaste y el daño estructural del pavimento rígido.

Figura 10

LTE en la losa de espesor de 100 mm por trabazón de agregados



Figura 11

LTE en la losa de espesor de 150 mm por trabazón de agregados

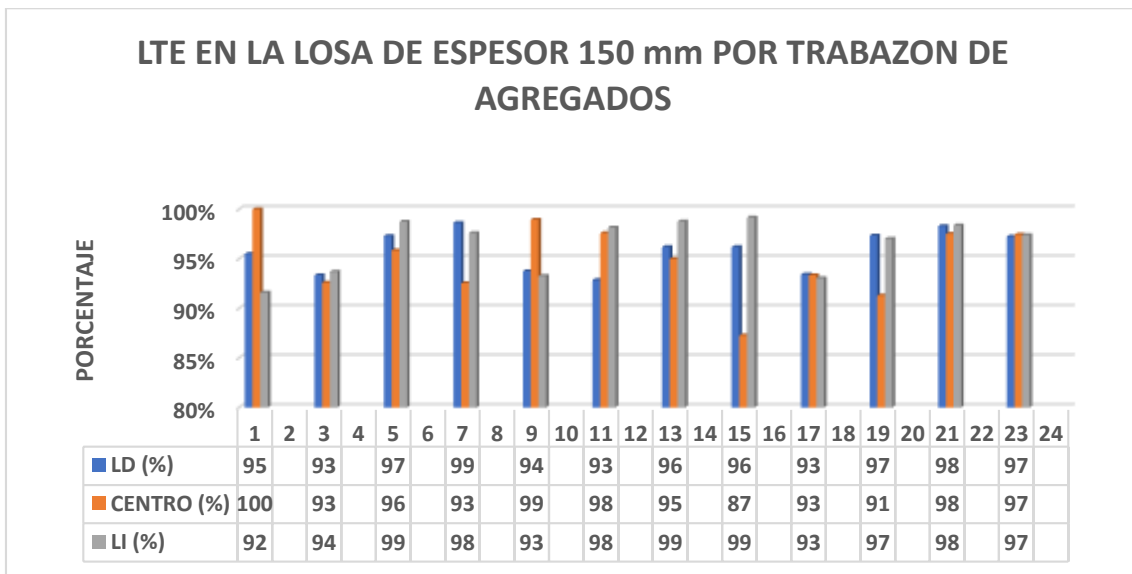
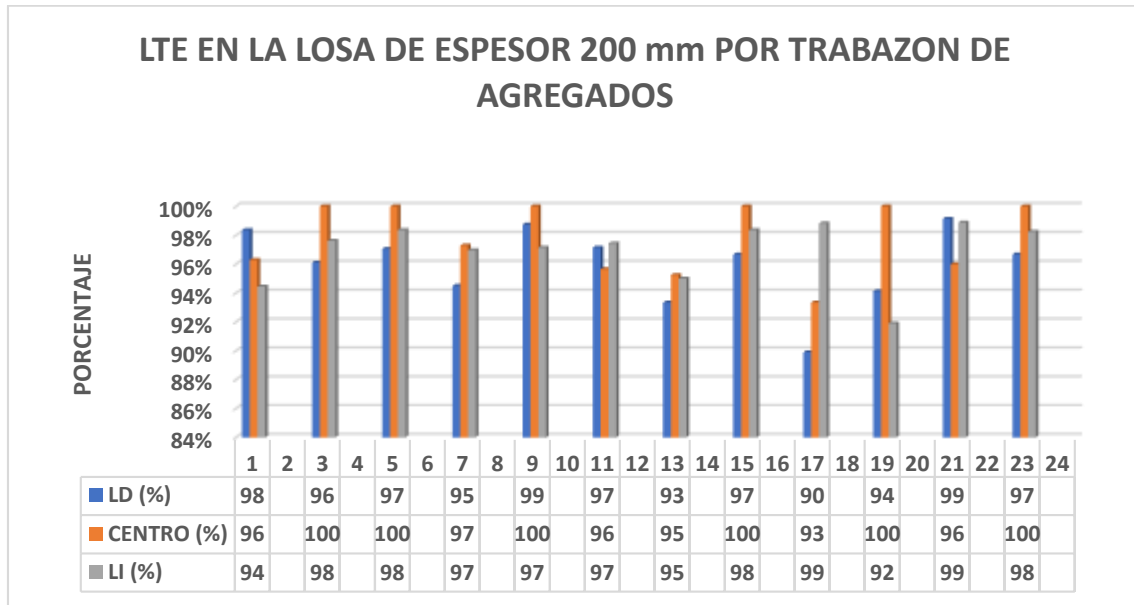


Figura 12

LTE en la losa de espesor de 200 mm por trabazón de agregados



3.3. Deflexiones producidas en la losa con pasadores dowels 1/2"

Las deflexiones verticales evaluadas en el centro, lado derecho (LD) y Lado izquierdo (LI). Con una carga estática de 8.2 TN votaron los siguientes datos según la tabla N° 3, Las deflexiones producidas demuestran que son mínimas en una losa de concreto hidráulico. La trabajabilidad de las juntas transversales con pasadores dowels de 1/2" dependen de varios factores, pero principalmente es por la ubicación de los pasadores dowels, la ubicación es a un 1/2 del espesor de la losa según normativa peruana. cumple un papel muy importante para la trabajabilidad de la losa. Eventualmente los resultados obtenidos en campo muestras menores deflexiones en comparación de las juntas transversales por trabazón de agregados estos resultados son óptimos ya en proporción mejoran la vida útil y tiene mejor tendencia que otros tipos de juntas.

Tabla 3

Deflexiones producidas por una carga estática de 8.2 TN en las losas con pasadores dowels de 1/2"

LOSAS CON PASADORES DOWELS DE 1/2"					
LOSA (MM)		DEFLEXIONES			
		LD (mm)	CENTRO (mm)	LI (mm)	
100	CC	0.0080	0.0050	0.0070	
	SC	0.0060	0.0040	0.0060	
	CC	0.0090	0.0057	0.0085	
	SC	0.0087	0.0055	0.0081	
	CC	0.0073	0.0032	0.0068	
	SC	0.0070	0.0029	0.0067	
	CC	0.0130	0.0047	0.0110	
	SC	0.0120	0.0046	0.0098	
	CC	0.0098	0.0060	0.0080	
	SC	0.0098	0.0058	0.0080	
	CC	0.0093	0.0062	0.0069	
	SC	0.0093	0.0061	0.0069	
	CC	0.0085	0.0029	0.0049	
	SC	0.0085	0.0028	0.0049	
	CC	0.0120	0.0051	0.0079	
	SC	0.0110	0.0049	0.0068	
	CC	0.0120	0.0051	0.0105	
	SC	0.0115	0.0050	0.0100	
	CC	0.0160	0.0068	0.0110	
	SC	0.0160	0.0058	0.0098	
	CC	0.0120	0.0050	0.0090	
	SC	0.0110	0.0050	0.0075	
	CC	0.0110	0.0048	0.0090	
	SC	0.0105	0.0045	0.0085	
	150	CC	0.0060	0.0030	0.0050
		SC	0.0060	0.0030	0.0050

	CC	0.0043	0.0025	0.0039
	SC	0.0041	0.0024	0.0038
	CC	0.0039	0.0021	0.0038
	SC	0.0038	0.0019	0.0037
	CC	0.0070	0.0028	0.0063
	SC	0.0067	0.0025	0.0060
	CC	0.0069	0.0035	0.0050
	SC	0.0069	0.0035	0.0049
	CC	0.0036	0.0020	0.0030
	SC	0.0034	0.0020	0.0026
	CC	0.0042	0.0024	0.0040
	SC	0.0042	0.0023	0.0040
	CC	0.0068	0.0021	0.0056
	SC	0.0066	0.0021	0.0054
	CC	0.0081	0.0045	0.0079
	SC	0.0075	0.0032	0.0078
	CC	0.0058	0.0030	0.0054
	SC	0.0053	0.0028	0.0051
	CC	0.0061	0.0035	0.0059
	SC	0.0051	0.0035	0.0050
	CC	0.0050	0.0020	0.0049
	SC	0.0049	0.0020	0.0045
200	CC	0.0031	0.0009	0.0028
	SC	0.0028	0.0080	0.0025
	CC	0.0031	0.0012	0.0028
	SC	0.0030	0.0012	0.0027
	CC	0.0021	0.0008	0.0018
	SC	0.0019	0.0008	0.0018
	CC	0.0019	0.0007	0.0015
	SC	0.0019	0.0007	0.0015
	CC	0.0019	0.0010	0.0014
	SC	0.0019	0.0010	0.0014
	CC	0.0020	0.0009	0.0010
	SC	0.0020	0.0009	0.0010
	CC	0.0020	0.0010	0.0014

SC	0.0018	0.0010	0.0014
CC	0.0020	0.0009	0.0015
SC	0.0020	0.0009	0.0014
CC	0.0029	0.0009	0.0025
SC	0.0027	0.0009	0.0024
CC	0.0022	0.0008	0.0021
SC	0.0020	0.0008	0.0021
CC	0.0040	0.0010	0.0030
SC	0.0038	0.0010	0.0030
CC	0.0035	0.0011	0.0031
SC	0.0035	0.0011	0.0031

Las deflexiones en las losas, cuando se aplica carga estática de 8.2 Tn en las zonas evaluadas como es el lado derecho (LD), centro y lado izquierdo (LI), son indicadores cruciales para comprender el comportamiento estructural de dichas juntas transversales. En el contexto de losas con pasadores dowels de ½" de espesores de 100, 150 y 200 mm, se ha observado consistentemente que la deflexión es menor en la región central en comparación con los lados derecho e izquierdo, como se muestran en las figuras N.º 13, 14 y 15.

Tabla 13

Deflexiones producidas en la losa de espesor de 100 mm con pasadores Dowels de ½"

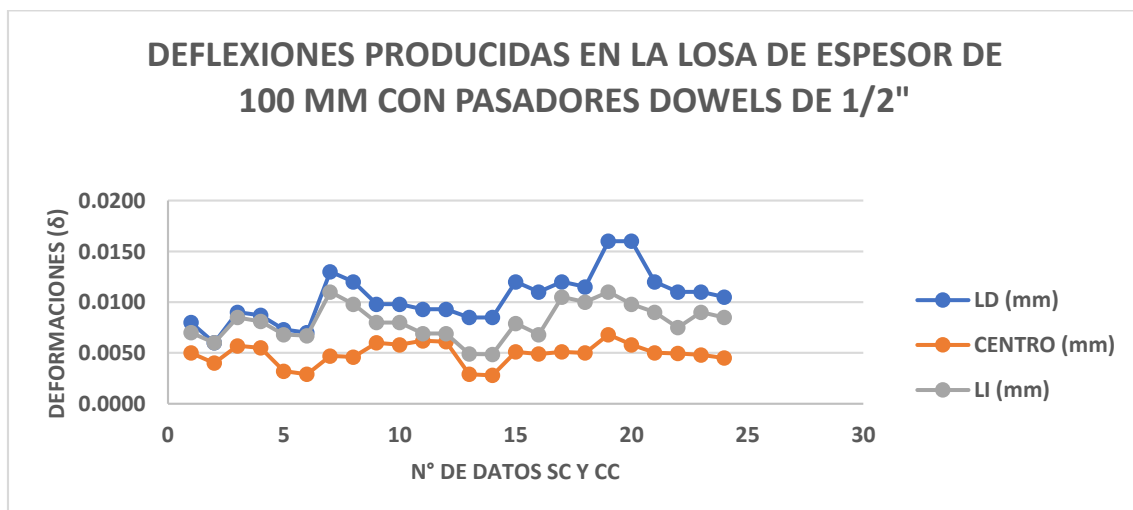


Tabla 14

Deflexiones producidas en la losa de espesor de 150 mm con pasadores Dowels de 1/2"

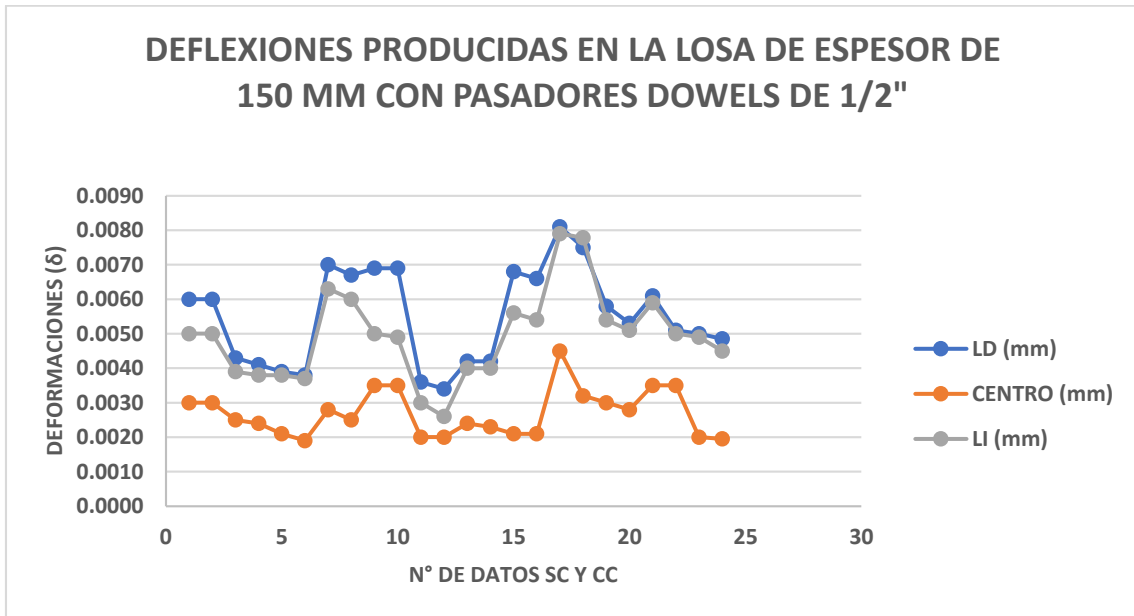
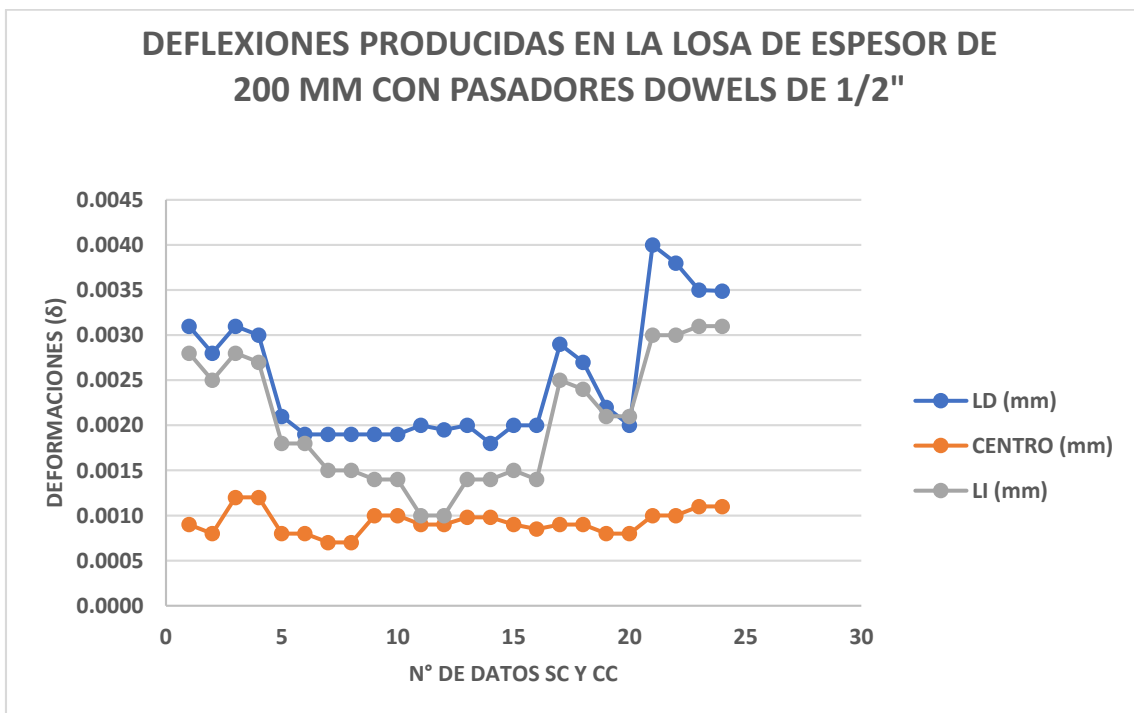


Tabla 15

Deflexiones producidas en la losa de espesor de 200 mm con pasadores Dowels de 1/2"



La deflexión en una losa de concreto hidráulico con juntas transversales con pasadores Dowels de $\frac{1}{2}$ " depende de la carga aplicada y ubicación de los pasadores, pero el comportamiento de la estructura de la losa con los espesores propuestos, se deben producir las mismas deflexiones tanto en los dos lados de la junta descargada y cargada en mismo tiempo y con un mismo resultado puesto que es la razón fundamental de la utilización de este tipo de junta. Evidentemente el proceso constructivo se realizó con todas las especificación y pruebas tanto in-situ como en laboratorio llegando así a tener resultados óptimos y que según normativa peruana cumplen.

3.4. LTE en losas con pasadores Dowels de $\frac{1}{2}$ "

Los porcentajes de deflexión en las losas con pasadores dowels de $\frac{1}{2}$ ", cuando se aplica carga en diferentes ubicaciones como el lado derecho (LD), centro y lado izquierdo (LI), son indicadores cruciales para comprender el comportamiento estructural de dichas losas. En el contexto de losas con pasadores dowels de $\frac{1}{2}$ " con espesores de 100, 150 y 200 mm, se ha observado consistentemente que la deflexión es menor que a comparación de las juntas por trabazón de agregados, llegando así en la mayoría de datos procesados a una LTE de 100%, tal como se muestran en las figuras N.º 16, para losa con 100 mm de espesor la LTE promedio en el centro es de 96.84 %, en el lado izquierdo 96.27 % y en el lado derecho 97.06 %, figura N.º 17 para losa con 150 mm de espesor la LTE promedio en el centro es de 96.96%, en el lado izquierdo 96.40 % y en el lado derecho 95.84 % y figura N.º 18 para 200 mm de espesor la LTE promedio en el centro es de 99.76%, en el lado izquierdo 98.92 % y en el lado derecho 97.56 %. Podemos ver el tipo de juntas transversal con pasadores dowels $\frac{1}{2}$ " es capaz de transferir en promedio al menos el 98% de la carga vehicular de una losa a otra lo cual demuestra que la mayoría de la carga se está transfiriendo de manera efectiva lo que ayuda a minimizar el desgaste y el daño estructural del pavimento rígido ya este tipo de junta es considerablemente mejor que por trabazón de agregados ya que se obtiene mayor eficiencia de carga transferida.

Figura 16

LTE en la losa de espesor de 100 mm con pasadores Dowels de 1/2"



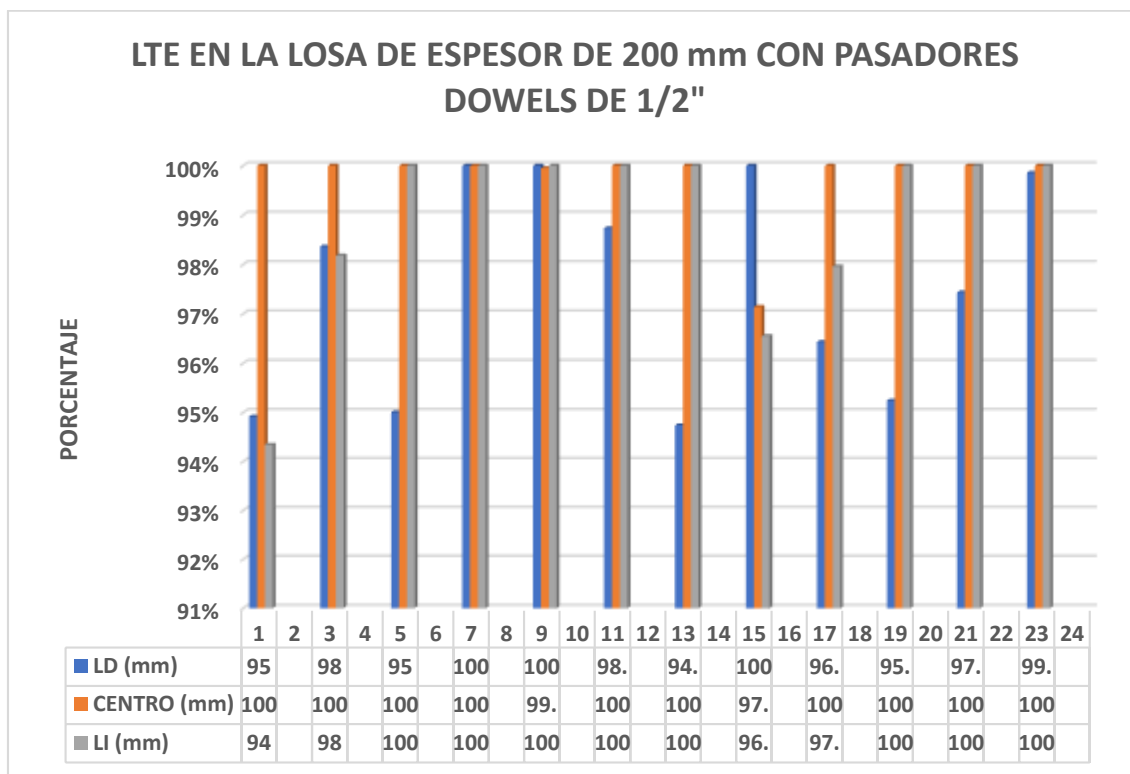
Figura 17

LTE en la losa de espesor de 150 mm con pasadores Dowels de 1/2"



Figura 18

LTE en la losa de espesor de 200 mm con pasadores Dowels de 1/2".



El porcentaje de LTE con pasadores Dowels de 1/2" es ligeramente mayor que por trabazón de agregados, es decir, en el lado derecho (LD), centro y lado izquierdo (LI). Al analizar los resultados obtenidos en los casos de losas con pasadores Dowels de 1/2" y los espesores de 100, 150 y 200 mm, se ha observado de manera consistente que el porcentaje de deflexión es menor en la región central, mientras que tiende a ser mayor en los lados derecho e izquierdo. La presencia de pasadores Dowels de 1/2" en la losa juega un papel crucial en la distribución de cargas y resistencia a la deflexión. Estos pasadores, al proporcionar una conexión más robusta entre las secciones adyacentes de la losa, contribuyen a una mayor eficiencia estructural. La menor deflexión en el centro puede atribuirse a una distribución más uniforme de la carga, ya que esta región se encuentra equidistante de los extremos. Es importante señalar que, a diferencia de las losas con trabazón de agregados, en las cuales la deflexión puede ser influenciada por el tipo de corte, las losas con pasadores Dowels de 1/2" tienden a demostrar niveles de eficiencia estructural más altos. De hecho, en algunos casos, se puede alcanzar un porcentaje de eficiencia cercano o iguales al 100%, lo que significa que la deflexión es mínima en comparación con las juntas por trabazón de agregados. Este fenómeno

resalta la importancia de la ingeniería precisa y el diseño estructural para garantizar la óptima funcionalidad y resistencia de las losas.

4. DISCUSIÓN

4.1. Análisis de resultados generales de la LTE en losas de espesores de 100 mm, 150 mm y 200 mm

En el análisis comparativo promedio de los espesores de losa de 100, 150 y 200 mm entre los dos tipos de juntas transversales tanto por trabazón de agregados y pasadores dowels de 1/2", se ha observado de manera consistente que la LTE de las losas con pasadores Dowels de 1/2" supera significativamente a las losas con trabazón de agregados. Estos resultados confirman que, en promedio, las losas con pasadores Dowels de 1/2" exhiben una mayor eficiencia y generan menos deflexión, llegando en muchos casos a niveles cercanos al 100% y eso se puede ver reflejados en la teoría mencionada por (Zhang & Gao, 2016). Así se observa en la Figura N.º 19, 21 y 23.

Figura 19

Comparación de la LTE en losa con trabazón de agregados y losa con pasadores Dowels de 1/2" de 100 mm de espesor

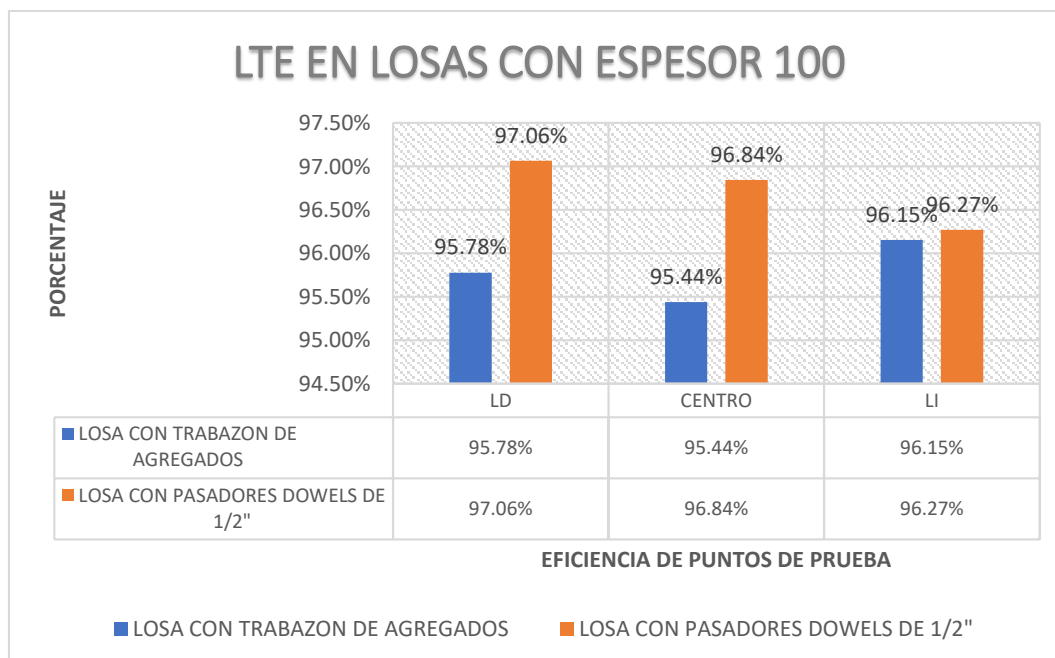
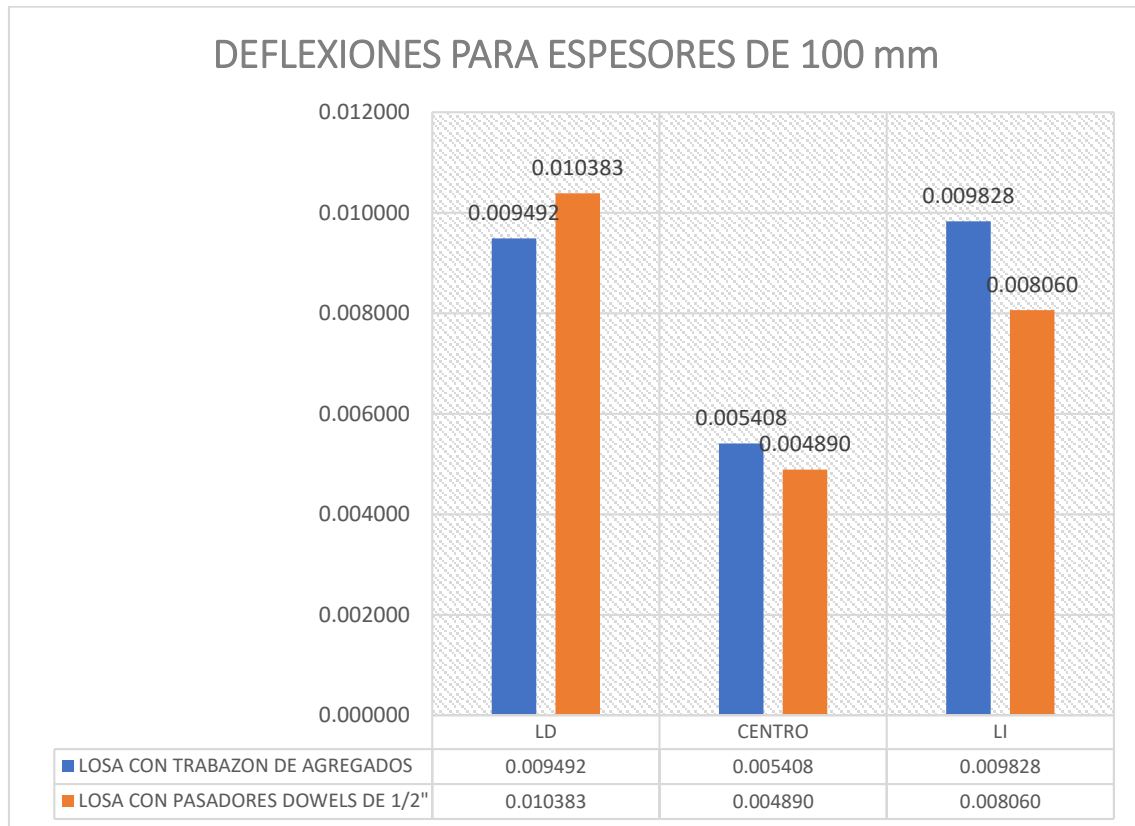


Figura 20

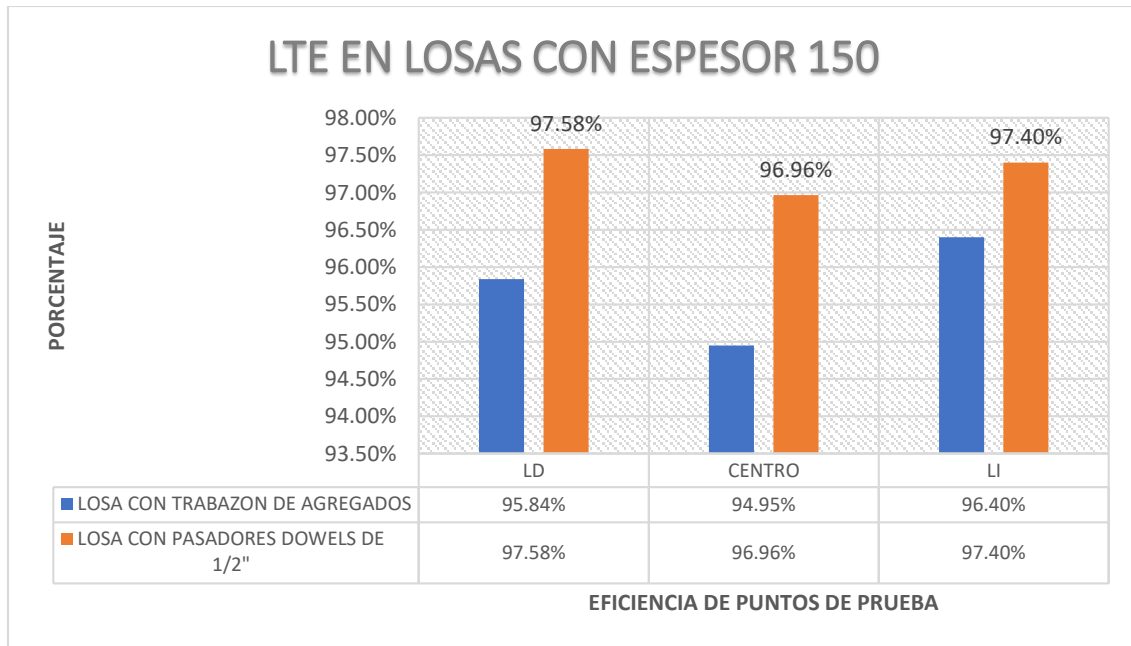
Comparación del promedio de la deflexión en losa con trabazón de agregados y losa con pasadores Dowels de ½" de 100 mm de espesor



La diferencia notable entre las losas con pasadores Dowels de ½" y las de trabazón de agregados del espesor de la losa de 100 mm es evidente al observar detenidamente las Figuras N.º 20. Los resultados porcentuales de las deflexiones producidas revelan un aumento significativo en la resistencia en los tres lados evaluados: lado izquierdo de un 17.98%, lado derecho de un 9.39%, y en el centro de un 9.58% muestran que cuando se emplean los pasadores Dowels de ½" tienen mejor comportamiento que las losas por trabazón de agregados. Estos datos demuestran que las losas con este tipo de refuerzo cumplen con creces los estándares requeridos para su desempeño. Esta mejora en la resistencia que es fundamental para garantizar la durabilidad y seguridad de las estructuras, lo que resalta la eficacia y ventajas de utilizar pasadores Dowels de ½" en la construcción de losas.

Figura 21

Comparación de la LTE en losa con trabazón de agregados y losa con pasadores Dowels de 1/2" de 150 mm de espesor



La diferencia notable entre las losas con pasadores Dowels de 1/2" y las de trabazón de agregados del espesor de la losa de 150 mm es evidente al observar detenidamente las Figuras N.º 22. Los resultados porcentuales de las deflexiones producidas revelan un aumento significativo en la resistencia en los tres lados evaluados: lado izquierdo de un 22.71%, en el lado derecho de un 3.33%, y en el centro de un 11.08% cuando se emplean los pasadores Dowels de 1/2".

Figura 22

Comparación del promedio de la deflexión en losa con trabazón de agregados y losa con pasadores Dowels de 1/2" de 150 mm de espesor

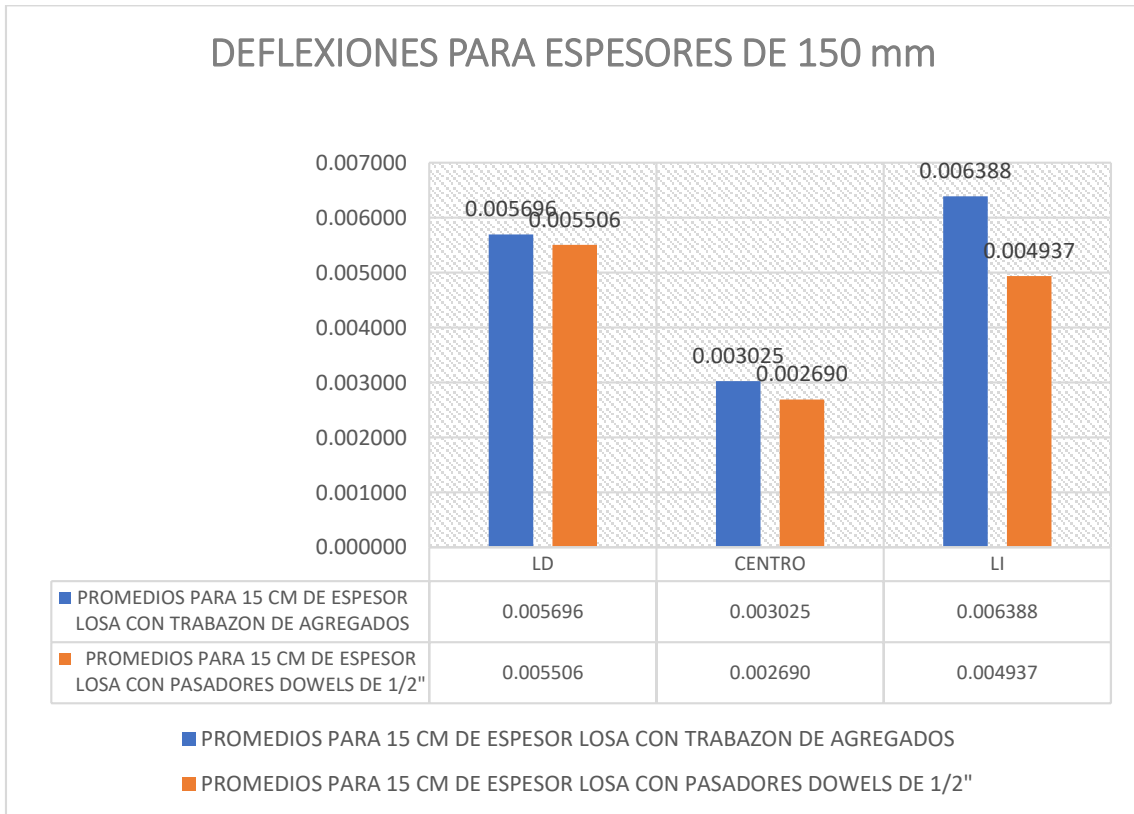


Figura 23

Comparación de la LTE en losa con trabazón de agregados y losa con pasadores Dowels de 1/2" de 200 mm de espesor

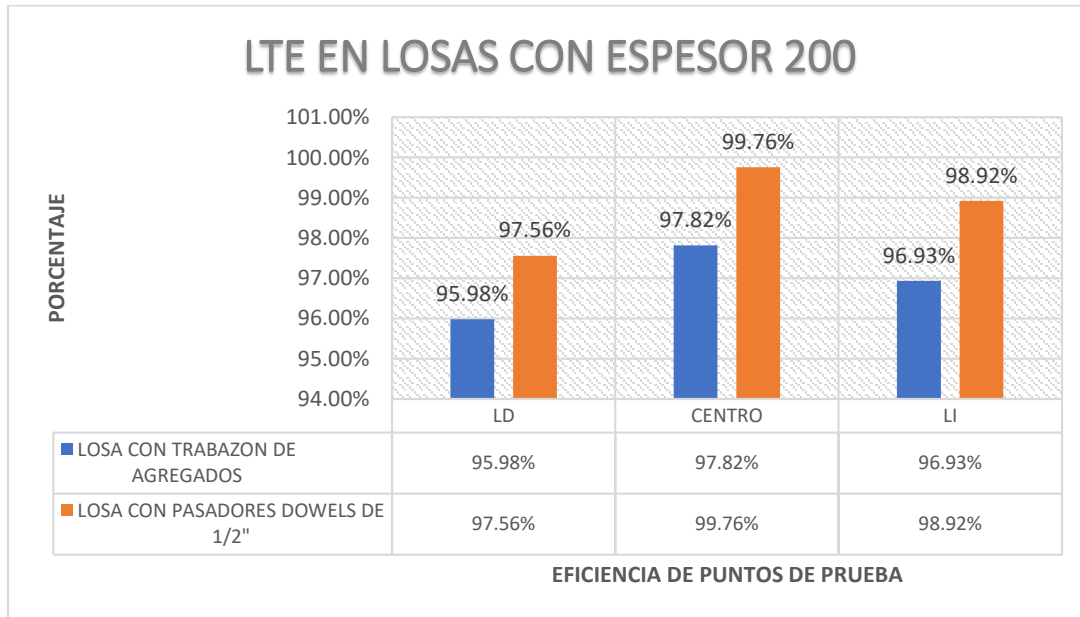
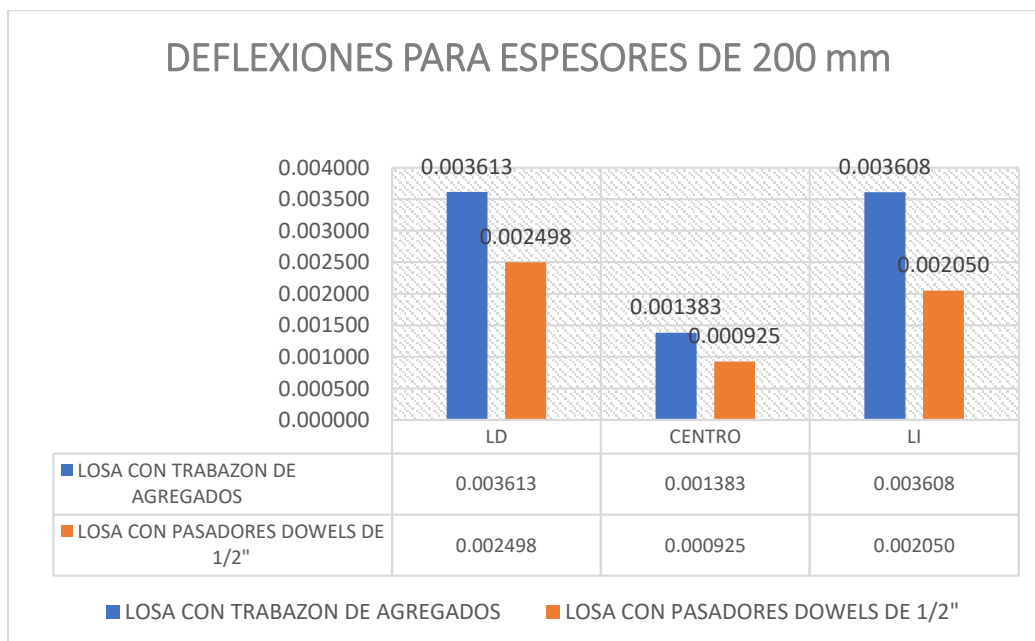


Figura 24

Comparación del promedio de la deflexión en losa con trabazón de agregados y losa con pasadores Dowels de 1/2" de 200 mm de espesor



La diferencia notable entre las losas con pasadores Dowels de 1/2" y las de trabazón de agregados del espesor de la losa de 200 mm es evidente al observar detenidamente las Figuras N°. 24. Los resultados porcentuales de las deflexiones producidas revelan un aumento significativo en la resistencia en los tres lados evaluados: lado izquierdo de un 43.19%, en el lado derecho de un 30.87%, y en el centro de un 33.11% cuando se emplean los pasadores Dowels de 1/2".

La eficiencia en la transferencia de cargas al utilizar juntas con pasadores dowels de 1/2" supera significativamente a las juntas por trabazón de agregados, evidenciando una mejora notable en la estabilidad y resistencia bajo una carga de 8.2 TN. Además de los beneficios mencionados, los pasadores dowels presentan una ventaja crucial en la reducción de costos. Al optar por un diámetro de 1/2", se logra una disminución en el costo de ejecución en comparación con las prácticas actuales en construcciones viales. (B Shinde & Kumar, 2023). Estudios y análisis han demostrado que el dimensionamiento de un adecuado espesor de la losa con el uso de pasadores dowels puede optimizar la LTE, resultando en pavimentos más duraderos y con menor necesidad de mantenimiento. En situaciones donde el aumento del espesor de la losa no es económicamente viable, la instalación de pasadores se presenta como una solución eficiente para mejorar la LTE. (Luo, 2022). El aumento del espesor en los pavimentos de concreto incrementa su capacidad de carga y reduce la deflexión. Esto se debe a que una mayor profundidad permite una distribución más amplia y efectiva de las tensiones internas. Además, la implementación de pasadores dowels mejora la LTE en pavimentos de menor espesor, optimizando su rendimiento estructural. (Deep, Andersen, Thom, et al., 2020). Es crucial tener en cuenta que la elección del espesor adecuado de la losa y la planificación de la disposición de pasadores o no, ya sea mediante dowels o trabazón de agregados, deben tener ciertos criterios y condiciones específicas como son: el tráfico vehicular, el clima local y las propiedades del suelo. Estos elementos interactúan entre sí para determinar la máxima carga que el pavimento puede resistir y cómo se comportará a lo largo de su vida útil.

5. Conclusiones

Se realizó la construcción de seis losas experimentales con dimensiones de 2400 x 4800 mm y con tres espesores diferentes que son de 100, 150 y 200 mm y con dos tipos de juntas transversales para así resaltar la importancia de estos dos factores que se relacionan entre si con la LTE, lo cual se tomó un tráfico vehicular patrón que es de 3,500.000 E.E. el cual servirá como punto de partida para poder realizar investigaciones más detalladas acerca del tráfico vehicular, por lo que este pavimento está cumpliendo con todas las exigencias tanto nacionales como internacionales por lo que llegado a tener resultados alentadores.

La evaluación de LTE demuestra que, a mayor espesor, mayor es el LTE, lo que resulta mayores cargas vehiculares y menores deflexiones. En cuanto a la evaluación de juntas, los pasadores dowels de ½" producen menores deflexiones en comparación con la trabazón de agregados bajo una carga estática de 8.2 Tn. Este hallazgo resalta la importancia de considerar la interacción entre el espesor de la losa y el tipo de junta según el tráfico vehicular y estudio de mecánica de suelos. Los pasadores dowels de ½" resultaron ser óptimos; el uso de aceros lisos de ½" contribuirá a economizar los materiales.

Los resultados obtenidos por deflexión promedio entre los dos tipos de juntas en las partes evaluadas son: centro de la losa con espesor de 200 mm es de 33.11% , mientras que en la losa con espesor 150 mmes de 11.08% y la de espesor 100 mm es de 9.58 %, en las losas evaluados resultan que pasadores dowels de ½" trabajan mejor y generan menores deflexiones por el cual tendrán una mayor vida útil.

Se confirma que, en términos generales, la eficiencia de transferencia de carga (LTE) es mínimamente superior al utilizar juntas con pasadores de ½", alcanzando en promedio de un 98%. En comparación, las losas con trabazón de agregados presentan una LTE promedio del 95%. Ambos tipos de juntas cumplen efectivamente con los requisitos establecidos por las normas nacionales e internacionales.

6. Recomendaciones

El sellado de juntas transversales como longitudinales son importantes en pavimentos rígidos, ya que ayuda a prevenir la infiltración de agua y otros materiales que pueden dañar la estructura del pavimento. Para lograr el mejor funcionamiento del pavimento rígido, se recomienda utilizar materiales de sellado específicamente diseñados para este propósito, como el sellador de poliuretano o Backer Rod porque son flexibles y duraderos, y pueden adaptarse a los movimientos del pavimento. Son eficaces para sellar juntas en áreas sujetas a altas cargas de tráfico y condiciones climáticas severas. Los selladores pueden ser más costosos que otros materiales, pero ofrecen una excelente resistencia al desgaste y a la intemperie.

Se recomienda realizar próximas investigaciones utilizando equipos más sofisticados como es el deflectómetro de caída de peso (DWF) y otros, ya que en esta zona no existen dichos equipos, lo cual es una limitante para realizar investigaciones de gran impacto.

La realización de pruebas experimentales para conocer el coeficiente de transferencia de cargas en base a los parámetros de fisuración máxima y mínima.

REFERENCIAS

- Al-Humeidawi, B. H., & Mandal, P. (2022). Numerical evaluation of the combined effect of dowel misalignment and wheel load on dowel bars performance in JPCP. *Engineering Structures*, 252. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.113655>
- ASTM D4695-03(2020). <https://www.normadoc.com/spanish/astm-d4695-03-2020.html>
- B Shinde, V., & Kumar, R. (2023). EXPERIMENTAL AND ANALYTICAL STUDY OF RESULTS OF BLENDED PAVEMENT CONCRETE MODELS TESTED IN LABORATORY AND FINITE ELEMENT METHOD. *Proceedings on Engineering Sciences*, 5(2), 259–266. <https://doi.org/10.24874/PES05.02.008>
- Brill, D. R., & Guo, E. H. (2000). Load Transfer in Rigid Airport Pavement Joints. *The 2020 Vision of Air Transportation*, 303, 13–24. [https://doi.org/10.1061/40530\(303\)2](https://doi.org/10.1061/40530(303)2)
- Brill, D. R., & Guo, E. H. (2000). Load transfer in rigid airport pavement joints. *Proceedings of the 26th International Air Transportation Conference - The 2020 Vision of Air Transportation: Emerging Issues and Innovative Solutions*, 303, 13–24. [https://doi.org/10.1061/40530\(303\)2](https://doi.org/10.1061/40530(303)2)
- Bronuela-Ambrocio, L. B., Ryu, S. W., Kwak, P. J., & Cho, Y. H. (2023). Evaluating the Efficiency of the Joint in an Existing Airport Concrete Pavement to Transfer Impulse Load. In *International Journal of Pavement Research and Technology* (Vol. 16, Issue 6). <https://doi.org/10.1007/s42947-022-00205-7>
- Bryden, J. E., & Phillips, R. G. (2019). PERFORMANCE OF TRANSVERSE JOINT SUPPORTS IN RIGID PAVEMENTS. *N Y Dep Transp, Res Rep*, 12.
- Campo, A. (2023). Formulaci3n de un poliuretano bicomponente en base agua para recubrimiento de un pavimento de hormig3n. <https://digital.csic.es/handle/10261/287356>
- CE.010 Pavimentos Urbanos DS N° 010-2010 - Informes y publicaciones - Municipalidad Distrital de Santa Mar3a del Mar - Plataforma del Estado Peruano. (2022). <https://www.gob.pe/institucion/munisantamariadelmar/informes-publicaciones/2619679-ce-010-pavimentos-urbanos-ds-n-010-2010>
- Chaparro, B. E., & Pradena, M. (2019). An3lisis estructural de pavimentos de hormig3n: Losas cortas en pisos industriales. *Revista Polit3cnica*, 43(2).
- Davids, W. G. (2000). Effect of dowel looseness on response of jointed concrete pavements. *Journal of Transportation Engineering*, 126(1), 50–57. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(2000\)126:1\(50\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(2000)126:1(50))
- Davids, W. G. (2001a). 3D finite element study on load transfer at doweled joints in flat and curled rigid pavements. *International Journal of Geomechanics*, 1(3), 309–323. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1532-3641\(2001\)1:3\(309\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1532-3641(2001)1:3(309))
- Davids, W. G. (2001b). 3D finite element study on load transfer at doweled joints in flat and curled rigid pavements. *International Journal of Geomechanics*, 1(3), 309–323. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1532-3641\(2001\)1:3\(309\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1532-3641(2001)1:3(309))
- Davids, W. G., & Mahoney, J. P. (2022). Experimental verification of rigid pavement joint load transfer modeling with EverFe. *Transportation Research Record*, 25(1684), 81–89. <https://doi.org/10.3141/1684-10>

- Deep, P., Andersen, M. B., Rasmussen, S., Thom, N., Marradi, A., & Presti, D. Lo. (2020). Evaluation of Load transfer in rigid pavements by Rolling wheel deflectometer and Falling weight deflectometer. *Transportation Research Procedia*, 45. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.029>
- Deep, P., Andersen, M. B., Thom, N., & Lo Presti, D. (2020). Toward the development of load transfer efficiency evaluation of rigid pavements by a rolling wheel deflectometer. *Infrastructures*, 5(1), 7. <https://doi.org/10.3390/infrastructures5010007>
- Eisa, M. S., Basiouny, M. E., & Youssef, A. M. (2024). Experimental and Numerical Investigation of Load-Carrying Capacity of Rigid Pavement Slabs Reinforced with Biaxial Geogrid. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 17(1), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s42947-022-00217-3>
- Ghanim, S. A. D., Banyhussan, Q. S., & Aboaljus, T. A. (2023). Effect of push off test on behavior of rigid pavement slab with stabilized subbase. *AIP Conference Proceedings*, 2787(1), 080003. <https://doi.org/10.1063/5.0151030>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. *Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 6, 600. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008&info=resumen&idioma=SPA>
- Kamil, B. A., & Al-Jameel, H. A. E. (2023). Impact of traffic flow and speed on noise level for rigid pavement under different pavement condition index. *AIP Conference Proceedings*, 2793(1), 070004. <https://doi.org/10.1063/5.0163024>
- Luo, Y. (2022). Study on Load Transfer Capacity of Cement Concrete Slab Joint of Rigid Flexible Composite Pavement[刚柔复合式路面水泥混凝土板接缝传荷能力研究]. *Wuhan Ligong Daxue Xuebao (Jiaotong Kexue Yu Gongcheng Ban)/Journal of Wuhan University of Technology (Transportation Science and Engineering)*, 46(2), 335–339. <https://doi.org/10.3963/j.issn.2095-3844.2022.02.028>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018). https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html
- Parsons, I. D., Eom, I. S., & Hjelmstad, K. D. (1997). Numerical simulations of load transfer between doweled pavement slabs. *Proceedings of the Airfield Pavement Conference*, 166–177.
- Pospelov, P., Korochkin, A., & Evtuykov, S. (2021). Pavement design and construction in the Arctic climate. *Transportation Research Procedia*, 57, 489–494. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.076>
- Quispe Tito, G. A. (2022). Plan de mantenimiento vial en función del PCI para pavimentos rígidos del Jirón Puno de la ciudad de Juliaca, 2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/97898>
- Rollings, R. S. (2021). DESIGN OF ROLLER COMPACTED CONCRETE PAVEMENTS. Pages 454 - 466, 11130.
- Sadeghi, V., & Hesami, S. (2018). Investigation of load transfer efficiency in jointed plain concrete pavements (JPCP) using FEM. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 11(3). <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2017.10.001>
- Sargand, S. M., Vega-Posada, C. A., & Arboleda-Monsalve, L. G. (2014). Desempeño a largo plazo de secciones de pavimentos existentes de concreto con cemento tipo

- portland -estudio de caso. DYNA (Colombia), 81(183).
<https://doi.org/10.15446/dyna.v81n183.36981>
- Shoukry, S. N., William, G. W., & Riad, M. Y. (2001a). Effect of dowel bar looseness on measured load transfer efficiency using FWD load. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 4330, 505–510.
<https://doi.org/10.1117/12.434151>
- Shoukry, S. N., William, G. W., & Riad, M. Y. (2001b). Effect of dowel bar looseness on measured load transfer efficiency using FWD load. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 4330, 505–510.
<https://doi.org/10.1117/12.434151>
- Silva, E. R. da, Balbo, J. T., & Cargnin, A. P. (2021). Effects of dowel bars misalignment in jointed plain concrete pavements – A numerical analysis considering thermal differentials and bonded slab-base interface. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, 14(4). <https://doi.org/10.1590/s1983-41952021000400014>
- Smit, P. M. S., & Kearsley, E. P. (2021). Load spreading in ultra-thin high-strength steel-fibre-reinforced concrete pavements. Journal of the South African Institution of Civil Engineering, 63(4). <https://doi.org/10.17159/2309-8775/2021/V63N4A5>
- Velásquez, B. X. B. (2019). DISEÑO PAVIMENTOS METODO PCA.
https://www.academia.edu/19185299/DISEÑO_PAVIMENTOS_METODO_PCA
- Zhang, Y. cong, & Gao, L. ling. (2016). Effect of dowel bar position deviation on joint load-transfer ability of cement concrete pavement. International Journal of Pavement Research and Technology, 9(1). <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2016.01.002>

ANEXOS

Anexo 1.

Evidencia de sumisión del artículo.

International Journal of Pavement Research and Technology
Analysis of slab thickness in the load transfer efficiency of rigid pavements
 --Manuscript Draft--

Manuscript Number:	
Full Title:	Analysis of slab thickness in the load transfer efficiency of rigid pavements
Article Type:	Original Research Paper
Funding Information:	Universidad Peruana Unión Autor Luis Miguel Durand Aliaga
Abstract:	<p>The evaluation of joint performance in rigid pavements of various road works can be carried out through the Load Transfer Efficiency (LTE). In this study, a single LTE method was applied using vertical deflection parameters. In our region, thicknesses are arbitrarily determined. To address this issue, six hydraulic concrete slabs were fabricated and evaluated with dimensions of 2400 mm x 4800 mm and thicknesses of 100, 150, and 200 mm. Three slabs used ½" dowel pins, while the remaining ones used aggregate interlock. The effects of these two types of joints were evaluated by measuring vertical deflections with a static load of 8.2 tons at three different locations: center, right side, and left side of the transverse joint of the slab to obtain LTE. The methodology consisted of designing rigid pavements of f_c 210 kg/cm², and the Benkelman beam equipment was used to calculate vertical deflections produced by the static load. The results revealed a direct relationship between slab thickness, highlighting significant differences between slabs with aggregate interlock and ½" dowel pins where their LTE in both types of transverse joints reached a percentage greater than 95%. The percentage variation regarding deflections produced in the two types of transverse joints are: for thicknesses of 100 mm it is 9.58%, for 150 mm it is 11.08%, and for 200 mm it is 33.11%, where ½" dowel pins produce less deflections compared to aggregate interlock. In this case, the implications of thicknesses of 100 mm, 150 mm, and 200 mm can be used and function according to design characteristics. This study underscores the importance of considering slab thicknesses when designing rigid pavements to optimize their performance and extend their service life.</p>
Corresponding Author:	Luis Miguel Durand Aliaga Universidad Peruana Union JULIACA, PUNO PERU
Corresponding Author Secondary Information:	
Corresponding Author's Institution:	Universidad Peruana Union
Corresponding Author's Secondary Institution:	
First Author:	Luis Miguel Durand Aliaga
First Author Secondary Information:	
Order of Authors:	Luis Miguel Durand Aliaga Edwin Parillo Escarsena, Magister
Order of Authors Secondary Information:	
Author Comments:	<p>My name is LUIS MIGUEL DURAND ALIAGA, I have a bachelor's degree in Civil Engineering, I am writing to you to comment on the article entitled "Analysis of slab thickness in the load transfer efficiency of rigid pavements", which has been sent for your consideration in its magazine International Journal of Pavement Research and Technology</p> <p>In general, I find that the article presents an interesting investigation on the analysis of load transfer in rigid pavements in different thicknesses and comparison of joints with and without reinforcement, measured through the deformations with the Benkelman beam. I believe that this article can make a significant contribution to the existing literature on concrete.</p>

Powered by Editorial Manager® and Production Manager® from Aries Systems Corporation

Anexo 2.

Copia de resolución de inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo aprobado por el consejo de facultad correspondiente



"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

RESOLUCIÓN N° 0461-2023/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Naña 22 de agosto de 2023

VISTO:

El expediente de **Luis Miguel Durand Aliaga**, identificado(a) con Código Universitario N° 201820247, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Luis Miguel Durand Aliaga**, ha solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Análisis del espesor de la losa en la transferencia de cargas de pavimentos rígidos" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 22 de agosto de 2023, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "Análisis del espesor de la losa en la transferencia de cargas de pavimentos rígidos" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar como asesor a **Mg. Edwin Parillo Escarsena** para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Dr. Nestor Alejandro Cruz Calapuja** y **Mg. Moises Araca Chile**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA



Mg. Ketty Magaly Arellano Lino
SECRETARIA ACADÉMICA

cc:
-Interesado
-Asesor
-Dirección General de Investigación
-Archivo

Anexo 3.

Panel fotográfico de la ejecución del proyecto de investigación.

Fotografía 1

Calicata del terreno de fundación.



Fotografía 2

Ensayo de laboratorio – Análisis granulométrico



Fotografía 3

Ensayo de laboratorio – Proctor modificado.



Fotografía 4

Trazo y corte de terreno Natural.



Fotografía 5

Excavación de terreno natural.



Fotografía 6

Conformación de la subrasante con material Over de 1" a 8".



Fotografía 7

Compactación de la subrasante con material Over de 1" a 8".



Fotografía 8

Conformación de la sub-base granular de 200 mm.



Fotografía 9

compactación de la sub-base granular de 200 mm.



Fotografía 10

Ensayo de slump .



Fotografía 11

Ensayo de densidad de campo.



Fotografía 12

Encofrado de las losas experimentales.



Fotografía 13

vaciado de concreto $f'c$ 210 kg/cm².



Fotografía 14

Cantera de material granular – ligante.



Fotografía 15

Material granular para la conformación de la sub-base.



Fotografía 16

Material ligante.



Fotografía 17

Material para la conformación de la subrasante.



Fotografía 18

Cemento rumi de 42.5 kg.



Fotografía 19

Material – piedra chancada de ½” y ¾”.



Fotografía 20

Ensayo de viga benkelman Insitu



Anexo 4.

Resultados de los ensayos insitu y de campo



GRUPO D&M TIKARI S.A.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA

Asesoría, control de calidad en obra en Suelos, Concreto y Asfalto

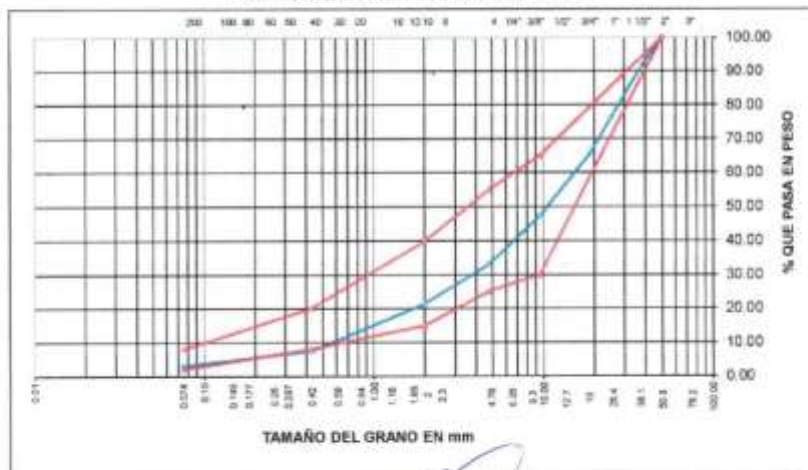
RUC: 20602136001

TEMA:	ANÁLISIS DEL ESPESOR DE LA LOSA EN LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS*		
CANTERA:	CANTERA TAPARACHI 70% + CANTERA CABANELLAS 30%		
MUESTRA:	SUB BASE	ING. RESPONSABLE:	ING. DULIA MARILU YUCRA ÑAUPA
SOLICITANTE:	BACH. LUIS MIGUEL DURAND ALIADA	FECHA:	25/10/2023
UBICACIÓN:	CABANELLAS		

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D-422)**

Tamices ASTM	Apertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000					8	Peso inicial : 3235 Grs
2 1/2"	63.000				100.00		Peso fracción : 984 Grs
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100 - 100	Grava : 66.90 %
1 1/2"	37.500	261.00	8.70	8.70	91.30		Arena : 30.04 %
1"	25.000	409.00	15.10	23.00	76.20		Fino : 3.06 %
3/4"	19.000	335.00	10.40	34.20	65.60		W natural : 6.10 %
1/2"	12.500	361.00	11.80	46.00	54.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
3/8"	9.500	214.00	6.90	52.60	47.40	30 - 65	L.L. : 24.97 %
No.04	4.750	461.00	14.30	66.90	33.10	25 - 55	L.P. : 21.16 %
No.10	2.000	348.00	11.71	78.61	21.39	15 - 40	L.P. : 3.80 %
No.20	0.840	289.00	9.72	88.33	11.67		Cu : 24.21
No.40	0.425	125.00	4.20	92.53	7.47	6.00 - 20	Cc : 1.44
No.100	0.150	96.00	3.23	95.76	4.24		CLASIFICACION
No.200	0.075	35.00	1.18	96.94	3.06	2.00 - 8.00	SIUCS : GW
+No.200		91.00	3.06	100.0			AASHTO : A-1-6(0)

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMANO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



Dirección: Jr. Apurímac Nro. 1562, Manco Capac - Email: grupotikari@gmail.com



GRUPO D&M TIKARI S.A.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA

Asesoría, control de calidad en obra en Suelos, Concreto y Asfalto

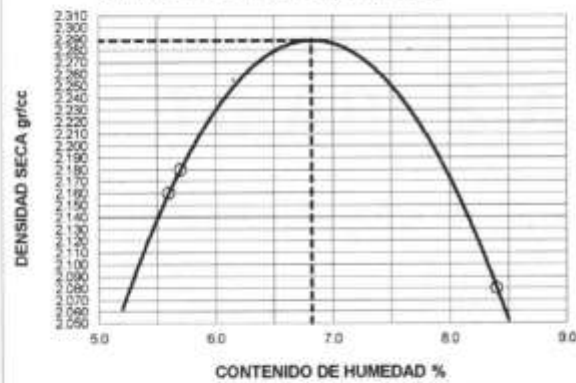
RUC: 20602136001

TEBIS	ANÁLISIS DEL ESPESOR DE LA LOSA EN LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS*		
CANTERA :	CANTERA TAPARACHI 70% + CANTERA CABANILLAS 30%		
MUESTRA :	SUB BASE		ING. RESP. : ING. DULIA MARILU YUCRA FAUPE
UBICACIÓN :	CABANILLAS		FECHA : 25/10/2023
SOLICITANTE :	BACH. LUIS MIGUEL DURAND ALIAGA		

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4
DETERMINACION DE DENSIDAD				
PESO MOLDE+SUELO	11,512	11,589	11,552	
PESO MOLDE	6,710	6,710	6,710	
PESO SUELO COMPACTADO	4,802	4,879	4,852	
VOLUMEN DEL MOLDE	2,124	2,124	2,124	
DENSIDAD HUMEDA	2,26	2,30	2,28	
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE N°	1	2	3	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	275.21	264.11	299.01	
SUELO SECO + RECIPIENTE	254.05	249.91	283.17	
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	21.21	14.20	15.84	
PESO DE SUELO SECO	254.05	249.91	283.17	
CONTENIDO DE HUMEDAD	8.40	5.70	5.60	
DENSIDAD SECA	2.06	2.16	2.16	

GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO



Max. densidad seca
2.29 g/cm³

Conten. humedad óptima
6.82 %

GRUPO D & M TIKARI S.A.C.

 DULIA MARILU YUCRA FAUPE
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 132432

Dirección: Jr. Apurímac Nro. 1562, Manco Capac - Email: gruodm@tikari.com

C - 217



GRUPO D&M TIKARI S.A.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA

Asesoría, control de calidad en obra en Suelos, Concreto y Asfalto

RUC: 20602136001

TESIS	ANÁLISIS DEL ESPESOR DE LA LOSA EN LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS*					
CANTERA	: CANTERA TAPARACHI 70% + CANTERA CABANILLAS 30%					
MUESTRA	: SUB BASE		ING. RESP. : DULIA MARILU YUCRA NAUPA			
SOLICITA	: BACH. LUIS MIGUEL DURAND ALJAGA					
UBICACIÓN	: DISTRITO DE CABANILLAS - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - DEPARTAMENTO DE PUNO					
CONTROL DE COMPACTACION						
Fecha	28/10/2023	28/10/2023	28/10/2023	28/10/2023	28/10/2023	
Capa	SUB BASE	SUB BASE	SUB BASE	SUB BASE	SUB BASE	
Cantera	TAPAR. - CABAN.	TAPAR. - CABAN.	APAR. - CABAN/APAR. - CABAN	APAR. - CABAN	APAR. - CABAN	
Lado	L. CENTRO	L. CENTRO	L. CENTRO	L. CENTRO	L. CENTRO	
Ubicación	1	2	3	4	5	
	KM 0+002	0+008	0+013	0+014	0+015	
DENSIDAD DE CAMPO ASTM D-1556						
1	Peso del Frasco + Arena gr	6062	6051	6525	6051	6325
2	Peso del Frasco + Arena sobrante gr	2169	2254	2782	2354	2684
3	Peso de la Arena empleada gr	3893	3797	3753	3697	3641
4	Peso de la Arena del cono gr	1487	1487	1487	1487	1487
5	Peso de la Arena del hueco gr	2406	2310	2278	2210	2154
6	Densidad de la Arena gr/cc	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48
7	Volumen del hueco cc	1625.7	1560.8	1537.8	1493.2	1455.4
8	Peso del Tarro + Suelo + Grava gr	3952	3854	3798	3685	3562
9	Peso del Tarro gr	0	0	0	0	0
10	Peso del Suelo + Grava gr	3952	3854	3798	3685	3562
11	Peso retenido en el tamiz 3/4" gr	868	1046	205	1046	205
12	% Grava 3/4" gr	22.0	27.1	5.5	28.4	5.8
13	Peso específico de la grava gr/cc	2.57	2.58	2.57	2.58	2.57
14	Volumen de la grava cc	337.7	405.4	79.8	405.4	79.8
15	Peso del suelo gr	3084	2808	3551	2639	3357
16	Volumen del suelo cc	1287.9	1155.4	1458.1	1087.8	1375.8
17	Densidad húmeda gr/cc	2.39	2.43	2.44	2.43	2.44
18	Contenido de humedad %	6.21	6.25	6.26	6.24	6.28
19	Máxima densidad seca (P. M.) gr/cc	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29
20	Óptimo Contenido de humedad %	6.82	6.82	6.82	6.82	6.82
21	Densidad seca gr/cc	2.25	2.29	2.29	2.28	2.30
22	% COMPACTACION	98.5	99.9	100.1	99.7	100.3

Dirección: Jr. Apurímac Nro. 1562, Manco Capac - Email: grupo@tikari.com

C-218



GRUPO D&M TIKARI S.A.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA

Asesoría, control de calidad en obra en Suelos, Concreto y Asfalto

RUC: 20602136001

TESIS	ANÁLISIS DEL ESPESOR DE LA LOSA EN LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS*										
CANTERA	CALICATA 1 - KM 28-600 - CARRETERA JULIACA - CABANILLAS										
MUESTRA	C - 01 - ESTRATO 02 - PROFUNDIDAD: 1.30M. (TERRENO DE FUNDACION)										
UBICACIÓN	CABANILLAS			FECHA	23/10/2023						
SOLICITANTE	SACH. LUIS MIGUEL DURAND ALJAGA			ING. RESP.	ING. DULIA MARILEY YUCRA SALPA						
VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)											
Molde N°	1		2		3						
Capa N°	5		5		5						
Golpes por capa N°	56		25		12						
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.					
Peso molde + suelo húmedo	gr	12797	gr	12312	gr	12125					
Peso del molde	gr	8424	gr	8224	gr	8207					
Peso del suelo húmedo	gr	4343	gr	4088	gr	3918					
Volumen del molde	cc	2087	cc	2088	cc	2088					
Densidad Húmeda	gr/cc	2.08	gr/cc	1.98	gr/cc	1.88					
Humedad	%	4.20	%	4.20	%	4.20					
Densidad seca	gr/cc	2.00	gr/cc	1.88	gr/cc	1.80					
Tarro N°	1		2		3						
Tarro suelo húmedo	gr	407.82	gr	341.25	gr	378.59					
Tarro suelo seco	gr	391.23	gr	327.55	gr	361.55					
Agua	gr	16.59	gr	13.7	gr	15.04					
Peso del Tarro	gr	0	gr	0	gr	0					
Peso del suelo seco	gr	391.23	gr	327.55	gr	361.55					
Humedad	%	4.20	%	4.20	%	4.20					
Promedio de la humedad	%		%		%						
ENSAYO EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		24	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000
		48	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000
		72	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000
PENETRACION											
PENETRACION			Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Lib/plg ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Lib/plg ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Lib/plg ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	118	250	87	118	239.6	87	82	136.4	45
1.00	1.300	0.50	312	686	229	165	363	121	95	209	70
1.30	1.900	0.075	512	1126	375	258	567.6	189	195	231	77
2.00	2.500	0.100	585	1287	429	315	693	231	155	341	114
3.00	3.800	0.150	1244	2737	912	1211	2664.2	888	425	835	312
4.00	5.000	0.200	2102	4624	1541	1385	3047	1016	702	1544.4	515
5.00	6.000	0.250	2135	4897	1566	1422	3128.4	1043	885	2123	708
6.00	7.500	0.300	2185	4907	1602	2145	4719	1573	898	2195.6	732
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

GRUPO D & M TIKARI S.A.C.
 INGENIERÍA DE SUELOS Y GEOTECNIA
 DULIA MARILEY YUCRA SALPA
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 162422

Dirección: Jr. Apurímac Nro. 1562, Manco Capac - Email: grupodm@tikari.com



GRUPO D&M TIKARI S.A.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA

Asesoría, control de calidad en obra en Suelos, Concreto y Asfalto

RUC: 20602136001

TEMAS	ANÁLISIS DEL ESPESOR DE LA LOSA EN LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS*	
CANTERA	CALICATA 1 - KM 26+500 - CARRETERA JULIACA - CABANILLAS	
MUESTRA	C - 01 - ESTRATO-02 - PROFUNDIDAD: 1.00M. (TERRENO DE FUNDACION)	
UBICACIÓN	CABANILLAS	ING. RESP. : ING. DULIA MARILU YUCRA RAUPE
SOLICITANTE	BACH. LUIS MIGUEL DURAND ALIAGA	FECHA : 23/10/2023



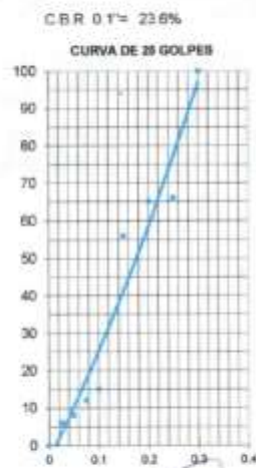
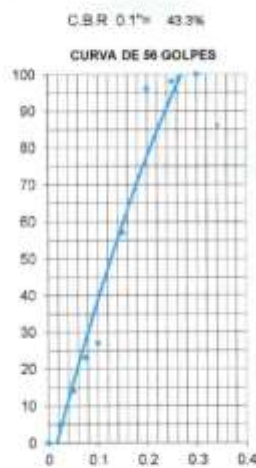
PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 43.3%

C.B.R.01" AL 95% M.D.S. = 23.3%

LEYENDA

— CURVA A 0.1"



GRUPO D&M TIKARI S.A.C.

INGENIERO CIVIL

DULIA MARILU YUCRA RAUPE

CIP Nº 152403

Dirección: Jr. Apurímac, Iiro. 1562, Manco Capac - Email: ventas@grupodm.com

C - 217



GRUPO D&M TIKARI S.A.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA

Asesoría, control de calidad en obra en Suelos, Concreto y Asfalto

RUC: 20602136001

DISEÑO DE MEZCLA F'c = 210 Kg./cm.²

PROYECTO	ANÁLISIS DEL ESPESOR DE LA LOSA EN LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS"
SOLICITANTE	BACH. LUIS MIGUEL DURAND ALIAGA
CANTERA	CANTERA CABANILLAS PIEDRA CHANCADA + ARENA CANTERA CABANILLAS
UBICACIÓN	DISTRITO DE CABANILLAS - SAN ROMAN - PUNO
FECHA	28 DE OCTUBRE DEL 2023
RESPONSABLE	ING. DULIA MARILU YUCRA ÑAUPA

PROCESO DE DISEÑO:

NORMAS: ACI 211.1.74
ACI 211.1.81

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión F'c **210 Kg./cm.²** a los 28 días entonces la resistencia promedio F'cr = **294 Kg./cm.²**

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 3" a 4" (76,2 mm. A 101,6 mm.).

Dado el uso de piedra chancada, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de: **3/4"** (19.05mm)

Además se indica las pruebas de laboratorio para los agregados realizadas previamente:

RESULTADOS DE LABORATORIO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	AGREGADO GRUESO (GRAVA)	AGREGADO FINO (ARENA)
P.e de Sólidos		
P.e SSS	2.53	2.54
P.e Bulk		
P.U. Variado	1468	1758
P.U. Suelto	1318	1636
% de Absorción	2.19	3.13
% de Humedad Natural	4.17	6.18
Modulo de Fineza	-	2.44

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

- El asentamiento dado es de 3" a 4" (76,2 mm. A 101,6 mm.).
- Se usará piedra chancada disponible en la localidad, el cual posee un diám. **3/4"** (19.05mm)
- Puesto que no se utilizara incorporador de aire, pero la estructura no estará expuesta a intemperismo severo, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de: **200 Lt/m3**
- Como el concreto no estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de: **2.0 %**
- Como se prevee que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces las relación agua/cemento (a/c) será de: **0.54**
- De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:

$$(200 \text{ Lt/m}^3) / (0.54) = 370 \text{ Kg/m}^3$$



Dirección: Jr. Apurímac Nro. 1562, Manco Capac - Email: www.dandm@gmail.com

C-218



GRUPO D&M TIKARI S.A.C.
LABORATORIO DE INGENIERÍA
Asesoría, control de calidad en obra en Suelos, Concreto y Asfalto
RUC: 20602136001

DOSIFICACION POR PESO:

Cemento	:	42.50 Kg
Agregado fino húmedo	:	83.38 Kg
Agregado grueso húmedo	:	115.10 Kg
Agua efectiva	:	18.37 Kg

DOSIFICACION POR TANDAS:

Para Mezcladora de 9 pies³

1.0 Bolsa de Cemento:	Redondeo
- 1.80 p3 de Arena	1.8 p3 de Arena
- 3.09 p3 de Grava	3.1 p3 de Grava
- 18 Lt de Agua	18 Lt de Agua

RECOMENDACIONES:

Debido a las características de los agregados, se recomienda que la dosificación tanto de la arena como de la piedra chancada se realice en forma separada, tal como se indica en el ítem DOSIFICACION POR TANDAS.



Dirección: Jr. Apurímac Nro. 1562, Manco Capac - Email: www.dandm@rednet.com

C-218



GRUPO D&M TIKARI S.A.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA

Asesoría, control de calidad en obra en Suelos, Concreto y Asfalto

RUC: 20602136001

PROYECTO	ANÁLISIS DEL ESPESOR DE LA LOSA EN LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS DE PAVIMENTOS RIGIDOS*
SOLICITANTE	BACH. LUIS MIGUEL DURAND ALIAGA
CANTERA	CANTERA CABANILLAS PIEDRA CHANCADA + ARENA CANTERA CABANILLAS
UBICACIÓN	DISTRITO DE CABANILLAS - SAN ROMAN - PUNO
FECHA	30 DE OCTUBRE DEL 2023

CONTENIDO DE HUMEDAD

A. FINO	
P.T. M. HUM	281.23
P.T.M. SECA	267.12
P. TARRO	38.74
P. AGUA	14.11
P. S. SECO	228.35
% HUMEDAD	6.18

A. GRUESO	
P.T. M. HUM	438.58
P.T.M. SECA	423.52
P. TARRO	38.40
P. AGUA	16.06
P. S. SECO	385.12
% HUMEDAD	4.17

PESOS UNITARIOS

AGREGADO FINO

SUELTO			
P.M.+AG.	P. MOLDE	V. MOLDE	
10182	6710	2123	1635
10183	6710	2123	1636
10185	6710	2123	1637
			1636 KG/M3

AGREGADO GRUESO

SUELTO			
P.M.+AG.	P. MOLDE	V. MOLDE	
12451	8220	3210.5	1318
12453	8220	3210.6	1318
12454	8220	3210.6	1319
			1318 KG/M3

VARRILLADO

VARRILLADO			
P.M.+AG.	P. MOLDE	V. MOLDE	
10442	6710	2123	1758
10443	6710	2123	1758
10444	6710	2123	1759
			1758 KG/M3

VARRILLADO

VARRILLADO			
P.M.+AG.	P. MOLDE	V. MOLDE	
12932	8220	3210.5	1468
12931	8220	3210.5	1467
12934	8220	3210.5	1468
			1468 KG/M3



Dirección: Jr. Apurimac Nro. 1562, Manco Capac - Email: grupo@grupodm.com

C-218



GRUPO D&M TIKARI S.A.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA

Asesoría, control de calidad en obra en Suelos, Concreto y Asfalto

RUC: 20602136001

ENSAYO DE COMPRESION

PROYECTO:	ANÁLISIS DEL ESPESOR DE LA LOSA EN LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS*
-----------	--

UBICACIÓN: : KM 26+500 - CARRETERA JULIACA - CABANILLAS

SOLICITA: : BACH. LUIS MIGUEL DURAND ALIAGA

FECHA: : 28/11/2023

RESISTENCIA DE DISEÑO FC= 210 KG/CM2

ITEM	PROBETA	EDAD	FECHA		AREA	CARGA MAXIMA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	% DE RESISTENCIA
			VACIADO	ROTURA				
1	PAVIMENTO RIGIDO E=10 CM SIN DOWELS	07	31/10/2023	07/11/2023	176.75	29122.45	165	78.46
2	PAVIMENTO RIGIDO E=10 CM SIN DOWELS	14	31/10/2023	14/11/2023	176.75	34123.56	193	91.93
3	PAVIMENTO RIGIDO E=10 CM SIN DOWELS	28	31/10/2023	28/11/2023	176.74	46551.78	263	125.42



Dirección: Jr. Apurímac Nro. 1562, Manco Capac - Email: grupo@tikari.com - 248



GRUPO D&M TIKARI S.A.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA

Asesoría, control de calidad en obra en Suelos, Concreto y Asfalto

RUC: 20602136001

DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D-2216)				
TESIS	ANÁLISIS DEL ESPESOR DE LA LOSA EN LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS*			
CANTERA:	CANTERA TAPARACHI 70% + CANTERA CABANILLAS 30%			
MUESTRA:	SUB BASE			
UBICACIÓN:	CABANILLAS			
FECHA:	25-Oct-23			
RESPONSABLE:	ING. DULIA MARILU YUCRA ÑAUPA			
SOLICITANTE:	BACH. LUIS MIGUEL DURAND ALIAGA			
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL				
RECIPIENTE:	1			
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE:	265.12			
SUELO SECO + RECIPIENTE:	245.23			
PESO RECIPIENTE:	0.00			
PESO AGUA:	19.89			
PESO DEL SUELO SECO:	245.23			
CONTENIDO DE HUMEDAD:	8.10			
PROMEDIO:		8.10		

Dirección: Jr. Apurímac Nro. 1562, Manco Capac - Email: info@tikari.com.pe C-217



GRUPO D&M TIKARI S.A.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA

Asesoría, control de calidad en obra en Suelos, Concreto y Asfalto

RUC: 20602136001

TESIS	ANÁLISIS DEL ESPESOR DE LA LOSA EN LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS"
CANTERA MUESTRA UBICACIÓN SOLICITANTE FECHA	CANTERA TAPARACHI 70% + CANTERA CABANILLAS 30% SUB BASE CABANILLAS BACH. LUIS MIGUEL DURAND ALIAGA ING. DULIA MARILU YUCRA RAUPA

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - D - 424

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LIMITE LIQUIDO

TARRO N°		C-4	Z-04
SUELO HUMEDO + TARRO	g	23.10	22.48
SUELO SECO + TARRO	g	19.62	19.01
PESO DEL TARRO	g	5.79	5.58
PESO DEL AGUA	g	3.48	3.47
PESO DEL SUELO SECO	g	13.83	13.43
HUMEDAD %	%	25.16	25.84
N° DE GOLPES		21	21

LIMITE PLASTICO

T-20	30
8.88	11.27
8.23	10.80
6.14	8.54
0.45	0.47
2.09	2.26
21.23	20.80

LIMITE LIQUIDO	24.97	LIMITE PLASTICO	21.16
----------------	-------	-----------------	-------

INDICE PLASTICO	3.80
-----------------	------

LL = $W_n \cdot (n/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Líquido
 W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes



Dirección: Jr. Apurímac Nro. 1562, Manco Capac - Email: www.dandm.com

C-217



GRUPO D&M TIKARI S.A.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA

Asesoría, control de calidad en obra en Suelos, Concreto y Asfalto

RUC: 20602136001

TEBIS	ANÁLISIS DEL ESPESOR DE LA LOSA EN LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS*			
CANTERA	1	CANTERA TAPARACHI 70% + CANTERA CABANILLAS 30%		
MUESTRA	1	SUB BASE	ING. RESP.	ING. DULIA MARILU YUCRA NAIPA
SOLICITANTE	1	BACH. LUIS MIGUEL DURAND ALIAGA		
UBICACIÓN	1	CABANILLAS	FECHA	29/10/2023

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.)

(ASTM D-1883)

Molde N°	1	2	3
Capa N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERGIR	SIN SUMERGIR
Peso molde + suelo húmedo	gr. 13529	13112	12854
Peso del molde	gr. 8424	8224	8207
Peso del suelo húmedo	gr. 5105	4888	4647
Volumen del molde	cc. 2087	2088	2088
Densidad húmeda	gr./cc. 2.45	2.34	2.23
Humedad	% 6.80	6.80	6.80
Densidad seca	gr./cc. 2.29	2.19	2.09
Tarro N°	1	2	3
Tarro suelo húmedo	gr. 179.12	170.75	165.07
Tarro suelo seco	gr. 167.05	159.85	173.12
Agua	gr. 11.47	10.9	11.95
Peso del Tarro	gr. 0	0	0
Peso del suelo seco	gr. 167.05	159.85	173.12
Humedad	% 6.90	6.80	6.90
Promedio de la humedad	%		

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
25-10-23	9.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26-10-23	9.30	24	1	0.0254	0.020	2	0.0508	0.040	3	0.0762	0.060
27-10-23	9.30	48	2	0.0508	0.040	4	0.1016	0.080	5	0.127	0.100
28-10-23	9.30	72	4	0.1016	0.080	5	0.127	0.080	6	0.1524	0.080

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones lb/plg ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	249	548	183	228	501.6	167	87	213.4	71
1.00	1.300	0.50	431	948	318	281	618.2	206	216	475.2	156
1.30	1.900	0.075	702	1544	515	523	1150.6	384	361	794.2	285
2.00	2.500	0.100	905	1991	664	885	1567	502	452	994.4	331
3.00	3.800	0.150	1496	3291	1097	1321	2906.2	965	742	1632.4	544
4.00	5.000	0.200	2385	5247	1749	1296	2851.2	950	838	1843.6	615
5.00	6.000	0.250	2586	5686	1896	1723	3790.6	1284	1052	2314.4	771
6.00	7.900	0.300	2878	5992	1964	2329	5117.2	1706	1242	2732.4	911
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.800	0.500									



Dirección: Jr. Apurimac Nro. 1562, Manco Capac - Email: grupo@tikari.com



GRUPO D&M TIKARI S.A.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA

Asesoría, control de calidad en obra en Suelos, Concreto y Asfalto

RUC: 20602136001

TESIS	ANÁLISIS DEL ESPESOR DE LA LOSA EN LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS*		
CANTERA	:	CANTERA TAPARACHI 70% + CANTERA CABANILLAS 30%	
MUESTRA	:	SUB BASE	ING. RESP. : ING. DULIA MARILU YUCRA RAÚPA
SOLICITANTE	:	BACH. LUIS MIGUEL DURAND ALIAGA	FECHA : 25/10/2023
UBICACIÓN	:	CABANILLAS	

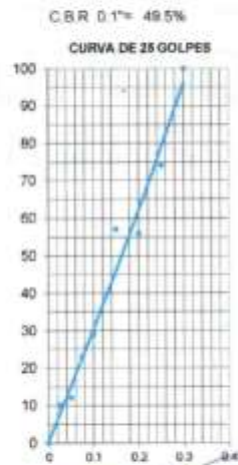
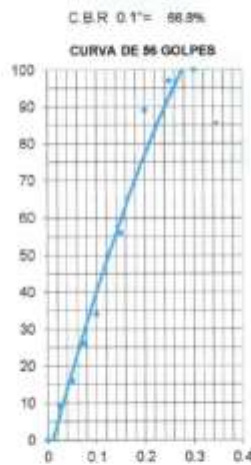


PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R. 0.1° AL 100% = 66.8%
 C.B.R. 0.1° AL 95% M.D.S = 49.3%

LEYENDA

— CURVA A 0.1°



GRUPO D&M TIKARI S.A.C.
 DULIA MARILU YUCRA RAÚPA
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 132402

Dirección: Jr. Apurímac, Iiro. 1562, Manco Capac - Email: ing.duliamariluyucra@grupodm.com



GRUPO D&M TIKARI S.A.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA

Asesoría, control de calidad en obra en Suelos, Concreto y Asfalto

RUC: 20602136001

DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D-2216)				
TESIS:	ANÁLISIS DEL ESPESOR DE LA LOSA EN LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS*			
CANTERA:	CALICATA 1 - KM 26+500 - CARRETERA JULIACA - CABANILLAS			
MUESTRA:	C - 01 - ESTRATO 02 - PROFUNDIDAD: 1.90M. (TERRENO DE FUNDACION)			
UBICACIÓN:	CABANILLAS			
FECHA:	Lunes, 23 de Octubre de 2023			
RESPONSABLE:	ING. DULIA MARILU YUCRA ÑAUPA			
SOLICITANTE:	BACH. LUIS MIGUEL DURAND ALIAGA			
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL				
RECIPIENTE:	1			
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE:	249.26			
SUELO SECO + RECIPIENTE:	228.54			
PESO RECIPIENTE:	0.00			
PESO AGUA:	20.72			
PESO DEL SUELO SECO:	228.54			
CONTENIDO DE HUMEDAD:	9.10			
PROMEDIO:	9.10			

Dirección: Jr. Apurímac Nro. 1562, Manco Capac - Email: www.dandm.com

C - 217



GRUPO D&M TIKARI S.A.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA

Asesoría, control de calidad en obra en Suelos, Concreto y Asfalto

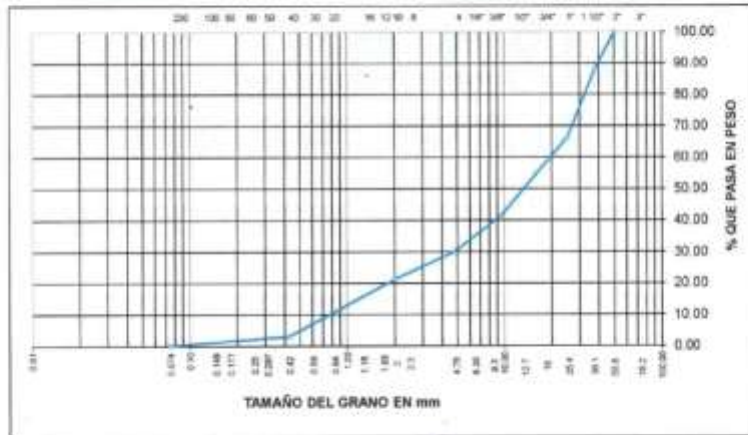
RUC: 20602136001

TEMA:	ANÁLISIS DEL ESPESOR DE LA LOSA EN LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS DE PAVIMENTOS RIGIDOS*		
CANTERA:	CALICATA 1 - KM 26-000 - CARRETERA AJLACA - CABMILLAS		
MUESTRA:	C-01 - ESTRATO 02 - PROFUNDIDAD: 1.00M (TERRENO DE FUNDACIÓN)		
UBICACIÓN:	CABMILLAS	FECHA:	23/10/2023
SOLICITANTE:	BACH. LUIS MIGUEL DURAND ALIAGA	ING. RESPONSABLE:	ING. OLGA MARILU YUCRA GAUPE

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Apertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial : 5500 Grs
2 1/2"	63.000				100.00		Peso fracción : 1578 Grs
2"	50.000	280.00	5.00	5.00	95.00		Grava : 69.90 %
1 1/2"	37.500	360.00	6.50	11.50	88.20		Arena : 28.94 %
1"	25.000	1.226.00	21.90	33.70	66.30		Fino : 0.16 %
3/4"	18.000	400.00	7.10	40.80	59.20		W natural : 9.10 %
1/2"	12.500	671.00	12.00	52.80	47.20		LIMITES DE CONSISTENCIA
3/8"	9.500	318.00	5.70	58.50	41.50		L.L. : NP %
No.04	4.750	839.00	11.40	69.90	30.10		L.P. : NP %
No.10	2.000	462.00	8.00	78.73	21.27		L.P. : NP %
No.20	0.840	545.00	11.57	90.30	9.70		Cu : 22.7
No.40	0.425	367.00	6.58	96.88	3.12		Cc : 1.32
No.100	0.150	150.00	2.69	99.57	0.43		CLASIFICACIÓN
No.200	0.075	15.00	0.27	99.84	0.16		SUCS : GW
-No.200		9.00	0.16	100.0			AASHTO : A-1-a(1)

REPRESENTACIÓN GRÁFICA TAMANO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



GRUPO D&M TIKARI S.A.C.
 LABORATORIO DE INGENIERÍA
 Calle María Yucra Gaupe
 INGENIERO CIVIL
 GP N° 122412

Dirección: Jr. Apurímac Nro. 1562, Manco Capac - Email: grupo@grupodm.com

C-217

TESIS	ANÁLISIS DEL ESPESOR DE LA LOSA EN LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS*		
CANTERA	: CALICATA 1 - KM 26+500 - CARRETERA JULIACA - CABANILLAS		
MUESTRA	: C - 01 - ESTRATO 02 - PROFUNDIDAD: 1.90M. (TERRENO DE FUNDACION)		
UBICACIÓN	: CABANILLAS	FECHA	: 23/10/2023
SOLICITANTE	: BACH. LUIS MIGUEL DURAND ALJAGA	INGL. RESP.	: ING. DULIA MARILU YUCRA GAIPA

**PROCTOR MODIFICADO
(ASTM D-1557)**

ENSAYO N°	1	2	3		
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	11,042	11,184	11,149		
PESO MOLDE	6,741	6,741	6,741		
PESO SUELO COMPACTADO	4,301	4,443	4,408		
VOLUMEN DEL MOLDE	2,123	2,123	2,123		
DENSIDAD HUMEDA	2,03	2,09	2,08		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3		
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	401.57	363.59	372.56		
SUELO SECO + RECIPIENTE	391.63	366.28	349.81		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	9.94	17.31	22.77		
PESO DE SUELO SECO	391.63	366.28	349.81		
CONTENIDO DE HUMEDAD	2.50	4.70	6.50		
DENSIDAD SECA	1.98	2.00	1.95		



Max. densidad seca
2.00 g/cm³

Conten. humedad óptima
4.18 %


 GRUPO D&M TIKARI S.A.C.
 DULIA MARILU YUCRA GAIPA
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 152452



GRUPO D&M TIKARI S.A.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA

Asesoría, control de calidad en obra en Suelos, Concreto y Asfalto

RUC: 20602136001

TESIS	ANÁLISIS DEL ESPESOR DE LA LOSA EN LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS*
CANTERA	CALICATA 1 - KM 26+500 - CARRETERA JULIACA - CABANILLAS
MUESTRA	C - 01 - ESTRATO 02 - PROFUNDIDAD: 1.90M. (TERRENO DE FUNDACION)
UBICACIÓN	CABANILLAS
RESPONSABLE	ING. DULIA MARILEY YUCRA RAUFA
FECHA	23/10/2023
SOLICITANTE	BACH. LUIS MIGUEL DURAND ALIAGA

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - D - 424

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LIMITE LIQUIDO

TARRO N°			
SUELO HUMEDO + TARRO	g		
SUELO SECO + TARRO	g		
PESO DEL TARRO	g		
PESO DEL AGUA	g		
PESO DEL SUELO SECO	g		
HUMEDAD %	%		
N° DE GOLPES			

LIMITE PLASTICO

LIMITE LIQUIDO	NP	LIMITE PLASTICO	NP
-----------------------	-----------	------------------------	-----------

INDICE PLASTICO	NP
------------------------	-----------

$LL = W_n \cdot (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Líquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Número de Golpes



Dirección: Jr. Apurímac Nro. 1562, Manco Capac - Email: www.tikari@gmail.com

C-217



GRUPO D&M TIKARI S.A.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA

Asesoría, control de calidad en obra en Suelos, Concreto y Asfalto

RUC: 20602136001

7. De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 2.44 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1468 Kg/m³ y un agregado grueso con tamaño máximo nominal 3/4" (19.05mm) se recomienda el uso de **0.656** m³ de agregado grueso por m³ de concreto. Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0.656) * (1468) = 963 \text{ Kg/m}^3$$

8. Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y piedra chancada, los materiales resultantes para completar un m³ de concreto consistirán en arena y aire atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar en base al volumen absoluto como se muestra a continuación:

Con las cantidades de agua, cemento y agregado grueso ya determinadas y considerando el contenido aproximado de aire atrapado, se puede calcular el contenido de arena como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Volumen absoluto de agua} &= (200) / (1000) = 0.200 \\ \text{Volumen absoluto de cemento} &= (370) / (2.85 * 1000) = 0.130 \\ \text{Volumen absoluto de agregado grueso} &= (963) / (2.53 * 1000) = 0.381 \\ \text{Volumen de aire atrapado} &= (2.0) / (100) = 0.020 \\ \text{Volumen sub total} &= 0.731 \end{aligned}$$

Volumen absoluto de arena

$$\text{Por tanto el peso requerido de arena seca será de: } = (1.000 - 0.731) = 0.269 \text{ m}^3$$

$$(0.269) * (2.54) * 1000 = 684 \text{ Kg/m}^3$$

9. De acuerdo a las pruebas de laboratorio se tienen % de humedad, por las que se tiene que ser corregidas los pesos de los agregados:

$$\begin{aligned} \text{Agregado grueso húmedo } (963) * (1.0417) &= 1003 \text{ Kg} \\ \text{Agregado Fino húmedo } (684) * (1.0618) &= 727 \text{ Kg} \end{aligned}$$

10. El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe excluirse y ajustarse por adición de agua. De esta manera la cantidad de agua efectiva es:

$$200 - 963 * \left(\frac{4.17 - 2.19}{100} \right) - 684 \left(\frac{6.18 - 3.13}{100} \right) = 160$$

DOSIFICACION

AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN PESO SECO	DOSIFICACION EN PESO HUMEDO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO HUMEDO
Cemento	370	1.00	370	1.00
Agua	200	0.54	160	0.43
Agreg. Grueso	963	2.60	1003	2.71
Agreg. Fino	684	1.85	727	1.96
Aire	2.0 %		2.0 %	

8.7 BOLSAS / m³ DE CEMENTO



Dirección: Jr. Apurímac Nro. 1562, Manco Capac - Email: grupo@tikari.com

C-218

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

PROYECTO:	ANÁLISIS DEL ESPESOR DE LA LOSA EN LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS*		
SOLICITADO:	BACH. LUIS MIGUEL DURAND ALIAGA		
CANTERA:	CANTERA CABANILLAS PIEDRA CHANCADA + ARENA CANTERA CABANILLAS		
UBICACIÓN:	DISTRITO DE CABANILLAS - SAN ROMÁN - PUNO	- AGREGADO GRUESO	
FECHA:	28 DE OCTUBRE DEL 2023		

TAMIZES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Inicial = 3500 Tamaño máx. = 1"
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	100 %	
3/4"	19.050	151.00	4.31	4.31	95.69	90 - 100 %	OBSERVACIONES:
1/2"	12.700	1256.00	35.89	40.20	59.80	20 - 55 %	
3/8"	9.525	921.00	26.31	66.51	33.49		
1/4"	6.350					0 - 10 %	
Núm	4.750	1172.00	33.49	100.00	0.00		
BASE		0.00	0.00	0.0	100.0		
TOTAL		3500.00	100.00				
% PERDIDA		0.00					



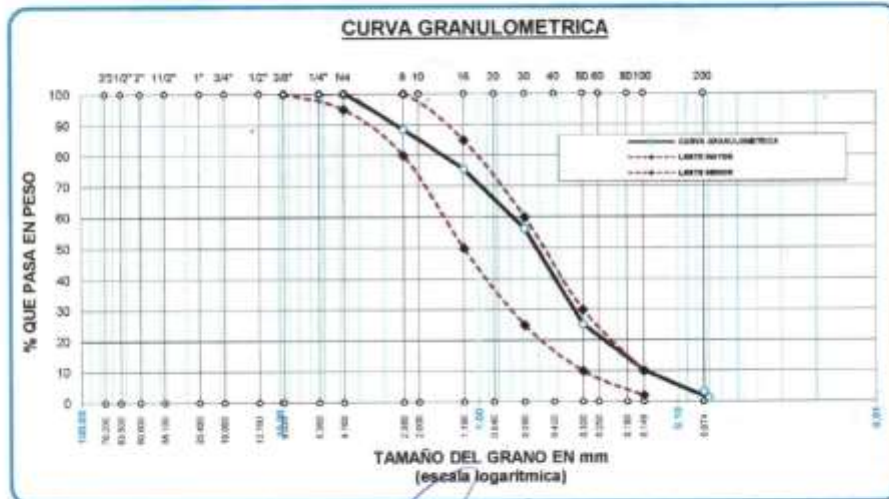
GRUPO D&M TIKARI S.A.C.
 Inge. Luis Miguel Durand Aliaga
 Durand Aliaga Yucra Raup
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 132402



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

PROYECTO	ANÁLISIS DEL ESPESOR DE LA LOSA EN LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS*
SOLICITADO	BACH. LUIS MIGUEL DURAND ALIAGA
CANTERA	CANTERA CABANILLAS PIEDRA CHANCADA + ARENA CANTERA CABANILLAS - AGREGADO FINO
UBICACIÓN	DISTRITO DE CABANILLAS - SAN ROMÁN - PUNO
FECHA	28 DE OCTUBRE DEL 2023

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
20"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	Peso inicial = 500
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00		
N#4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100 %	Modulo de Finura = 2.44
N#8	2.360	58.02	11.60	11.60	88.40	80 - 100 %	
N#10	2.000						% que pasa la malla 200 = 3.22
N#16	1.190	64.25	12.85	24.45	75.55	50 - 85 %	
N#20	0.840						OBSERVACIONES:
N#30	0.590	96.00	19.22	43.67	56.33	25 - 60 %	
N#40	0.420						
N#50	0.300	155.12	31.02	74.69	25.31	10 - 30 %	
N#60	0.250						
N#80	0.180						
N#100	0.149	75.23	15.05	89.74	10.26	2-10%	
N#200	0.074	35.77	7.04	96.78	3.22		
BASE		76.11	3.22	100	0		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		3.22					





GRUPO D&M TIKARI S.A.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA

Asesoría, control de calidad en obra en Suelos, Concreto y Asfalto

RUC: 20602136001

ENSAYO DE COMPRESION

PROYECTO:	ANÁLISIS DEL ESPESOR DE LA LOSA EN LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS*
-----------	--

UBICACIÓN: : KM 28+500 - CARRETERA JULIACA - CABANILLAS

SOLICITA: : BACH. LUIS MIGUEL DURAND ALIAGA

FECHA: : 28/11/2023

RESISTENCIA DE DISEÑO F'c= 210 KG/CM2

ITEM	PROBETA	EDAD	FECHA		AREA	CARGA MAXIMA [KG]	RESISTENCIA [KG/CM2]	% DE RESISTENCIA
			VACIADO	ROTURA				
1	PAVIMENTO RIGIDO E=15 CM SIN DOWELS	07	31/10/2023	07/11/2023	176.76	29356.32	166	79.09
2	PAVIMENTO RIGIDO E=15 CM SIN DOWELS	14	31/10/2023	14/11/2023	176.75	34124.25	193	91.94
3	PAVIMENTO RIGIDO E=15 CM SIN DOWELS	28	31/10/2023	28/11/2023	176.74	46257.05	262	124.63

GRUPO D&M TIKARI S.A.C.

 Luis María Yuste Filipe
 INGENIERO CIVIL
 RUC N° 142402

Dirección: Jr. Apurímac Nro. 1562, Manco Capac - Email: ventas@dmtilkari.com 248



GRUPO D&M TIKARI S.A.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA

Asesoría, control de calidad en obra en Suelos, Concreto y Asfalto

RUC: 20602136001

ENSAYO DE COMPRESION

PROYECTO:	ANÁLISIS DEL ESPESOR DE LA LOSA EN LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS*
-----------	--

UBICACIÓN: : KM 26+500 - CARRETERA JULIACA - CABANILLAS

SOLICITA: : BACH. LUIS MIGUEL DURAND ALIAGA

FECHA: : 28/11/2023

RESISTENCIA DE DISEÑO : F'c= 210 KG/CM2

ITEM	PROBETA	EDAD	FECHA		AREA	CARGA MAXIMA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	% DE RESISTENCIA
			VACIADO	ROTURA				
1	PAVIMENTO RIGIDO E=20 CM SIN DOWELS	07	31/10/2023	07/11/2023	176.75	29561.42	167	79.64
2	PAVIMENTO RIGIDO E=20 CM SIN DOWELS	14	31/10/2023	14/11/2023	176.76	34569.36	196	93.13
3	PAVIMENTO RIGIDO E=20 CM SIN DOWELS	28	31/10/2023	28/11/2023	176.77	46485.88	263	125.23

GRUPO D & M TIKARI S.A.C.

 Dalia María Yucra Tupa
 INGENIERO CIVIL
 GP N° 162402

Dirección: Jr. Apurímac Nro. 1562, Manco Capac - Email: grupo@grupotikari.com - 248



GRUPO D&M TIKARI S.A.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA

Asesoría, control de calidad en obra en Suelos, Concreto y Asfalto

RUC: 20602136001

ENSAYO DE COMPRESION

PROYECTO:	ANÁLISIS DEL ESPESOR DE LA LOSA EN LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS*
-----------	--

UBICACIÓN: : KM 26+500 - CARRETERA JULIACA - CABANILLAS

SOLICITA: : BACH. LUIS MIGUEL DURAND ALIAGA

FECHA: : 28/11/2023

RESISTENCIA DE DISEÑO F'c= 210 KG/CM2

ITEM	PROBETA	EDAD	FECHA		AREA	CARGA MAXIMA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	% DE RESISTENCIA
			VACIADO	ROTURA				
1	PAVIMENTO RIGIDO E=20 CM CON DOWELS	07	31/09/2023	07/11/2023	176.76	29122.23	165	78.46
2	PAVIMENTO RIGIDO E=20 CM CON DOWELS	14	31/09/2023	14/11/2023	176.74	34118.41	193	91.93
3	PAVIMENTO RIGIDO E=20 CM CON DOWELS	28	31/09/2023	28/11/2023	176.76	46222.36	261	124.52



Dirección: Jr. Apurímac Nro. 1562, Manco Capac - Email: grupo.dandm@gmail.com - 206



GRUPO D&M TIKARI S.A.C.
LABORATORIO DE INGENIERÍA
 Asesoría, control de calidad en obra en Suelos, Concreto y Asfalto
RUC: 20602136001

ENSAYO DE COMPRESION

PROYECTO:	ANÁLISIS DEL ESPESOR DE LA LOSA EN LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS*
-----------	--

UBICACIÓN: : KM 26+500 - CARRETERA JULIACA - CABANILLAS

SOLICITA: : BACH. LUIS MIGUEL DURAND ALAGA

FECHA: : 28/11/2023

RESISTENCIA DE DISEÑO F'c= 210 KG/CM2

ITEM	PROBETA	EDAD	FECHA		AREA	CARGA MAXIMA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)	% DE RESISTENCIA
			VACIADO	ROTURA				
1	PAVIMENTO RIGIDO E=15 CM CON DOWELS	07	31/10/2023	07/11/2023	176.77	29568.36	167	79.64
2	PAVIMENTO RIGIDO E=15 CM CON DOWELS	14	31/10/2023	14/11/2023	176.76	34845.52	197	93.87
3	PAVIMENTO RIGIDO E=15 CM CON DOWELS	28	31/10/2023	28/11/2023	176.75	46859.65	265	126.25

GRUPO D&M TIKARI S.A.C.

 Juan María Yacza Roura
 INGENIERO CIVIL
 OIP N° 182482

Dirección: Jr. Apurímac Nro. 1562, Manco Capac - Email: grupo@tikari.com - 248



GRUPO D&M TIKARI S.A.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA

Asesoría, control de calidad en obra en Suelos, Concreto y Asfalto

RUC: 20602136001

ENSAYO DE COMPRESION

PROYECTO:	ANÁLISIS DEL ESPESOR DE LA LOSA EN LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS*
-----------	--

UBICACIÓN: : KM 26+300 - CARRETERA JULIACA - CABANILLAS

SOLICITA: : BACH. LUIS MIGUEL DURAND ALIAGA

FECHA: : 28/11/2023

RESISTENCIA DE DISEÑO: F_C = 210 KG/CM²

ITEM	PROBETA	EDAD	FECHA		AREA	CARGA MAXIMA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM ²)	% DE RESISTENCIA
			VACIADO	BOTURA				
1	PAVIMENTO RIGIDO E=18 CM CON DOWELS	07	31/10/2023	07/11/2023	176.76	29485.52	167	79.43
2	PAVIMENTO RIGIDO E=19 CM CON DOWELS	14	31/10/2023	14/11/2023	176.76	34451.25	195	92.81
3	PAVIMENTO RIGIDO E=18 CM CON DOWELS	28	31/10/2023	28/11/2023	176.73	46788.11	265	126.07



Dirección: Jr. Apurímac Nro. 1562, Manco Capac - Email: g.dandm@gmail.com 348